

VOTB handreiking opzet grondonderzoek

Datum : 5-10-2024

Versie: 10

Inhoud

1	Inleiding.....	4
1.1	Scope	4
1.2	Opzet handreiking	4
1.3	Normen.....	4
2	Indeling aanpak opzet grondonderzoek.....	5
2.1	Definitie constructie	5
2.2	Bureaustudie (en geofysisch onderzoek)	5
2.3	Invloedszone.....	6
2.4	Beoordelen beschikbare data	8
2.5	Geofysisch onderzoek	8
2.6	Grondmodel	8
3	Grondonderzoek.....	15
3.1	Gefaseerde aanpak.....	15
3.2	Huidige geotechnische ontwerp norm.....	15
3.3	Onderzoekstechnieken.....	16
3.3.1	Sonderingen	16
3.3.2	Geotechnische boringen	17
3.4	Minimaal geotechnisch grondonderzoek GC2 constructies.....	19
3.5	Aanvullende eisen grondonderzoek voor paalfunderingen.....	19
3.6	Geotechnisch laboratoriumonderzoek	19
4	Rapportage	22
5	Kwaliteitsborging.....	23
6	Samenstelling commissie	23

Bijlagen:

1. Actuele geotechnische normen
2. Aspecten bureaustudie
3. Tabel 2B in NEN 9997-1:2016/C2:2017 nl
4. Geofysische onderzoeksmethoden
5. Veld- en laboratoriumonderzoek en toepassing
6. Minimaal grondonderzoek
7. Aanbevelingen voor de afstand en diepte van onderzoeken vanuit NEN-EN 1997-2:2007 en
8. Nauwkeurigheden sonderingen (memo)
9. Geautomatiseerd rekenen (memo)

1 Inleiding

Waarom nu een handreiking voor geotechnisch grondonderzoek

Geotechnische faalkosten zorgen voor verlies aan efficiency in het bouwproces in de vorm van tijd en geld. Door veranderende normen, verder gaande digitalisering, de Basis Registratie Ondergrond (BRO) met nieuwe XML formats en veranderende maatschappelijke ambities veranderen ook de inzichten voor het opzetten van een geotechnisch grondonderzoek. Er is recent een nieuwe Eurocode 7 beschikbaar gekomen die de komende jaren wordt vertaald en voorzien van Nationale Bijlagen die van invloed zijn op de inhoud van het geotechnisch onderzoek. Verder worden in de huidige projecten steeds meer geavanceerde berekeningsmodellen en technieken, die hogere eisen stellen aan de nauwkeurigheden van grondonderzoekstechnieken. Vooruitlopend hierop is vanuit de VOTB een handreiking “opzet grondonderzoek” opgesteld, als input voor de werkgroepen vanuit de NEN-commissie geotechniek die de Nationale bijlagen voor de nieuwe EC7 gaan opstellen.

Waarom een VOTB handreiking

Het maatschappelijk belang en dat van de VOTB leden komt samen in het streven naar een betrouwbaar model van de ondergrond en reduceren van risico's door voldoende (en ook nauwkeurig) grondonderzoek, voordat we hierop gaan bouwen. Het reduceren van risico's in de ondergrond betekent verder dat er met minder risico's ontworpen en gebouwd kan worden met een lagere CO2 belasting. Hier willen de VOTB leden graag aan bijdragen.

1.1 Scope

Het opstellen van een beknopte handreiking voor het opzetten van gedegen geotechnisch grondonderzoek op basis van de huidige inzichten.

1.2 Opzet handreiking

Voor deze handreiking is ervoor gekozen op de indeling van de (nieuwe) Eurocode 7 te volgen die in 2027 beschikbaar komt.

1.3 Normen

De voor geotechnisch onderzoek in Nederland meest belangrijkste normen zijn opgenomen in bijlage 1.

2 Indeling aanpak opzet grondonderzoek

Voor een geotechnisch grondonderzoek dienen de stappen zoals aangegeven in tabel 2.1. achtereenvolgens doorlopen te worden. Dit wordt in de volgende paragrafen verder uitgewerkt.

Tabel 2.1. Indeling stappen standaard grondonderzoek

Onderdeel	Omschrijving
Definitie constructie	Wat moet er gerealiseerd worden met een VO ontwerp, inschatting start werkzaamheden en beschikbare bouwtijd.
Bureaustudie met veldinspectie en eventueel geofysisch onderzoek	Wat is bekend van de ondergrond in het invloedgebied aangevuld met een veldinspectie en eventueel geofysisch onderzoek. Opzet grondmodel en vastlegging van de risico's en het niveau tot waar deze met het grondonderzoek gereduceerd dienen te worden
Grondonderzoek	Uitvoering grondonderzoek, aanpassen grondmodel, evalueren risico's
Nader grondonderzoek	Eventueel uitvoering nader grondonderzoek om risico's tot het gewenste niveau te reduceren
Rapportage	Opstellen grondonderzoeksrapport incl. bureaustudie en grondmodel

Indien GC/CC klassen onbekend zijn dient voor grondonderzoek bij alle projecten uitgegaan te worden van GC3/CC3. Onderbouwd kan hiervan afgeweken worden, waarbij de reden voor een gereduceerd grondonderzoek en verantwoordelijkheden voor risico's dienen te worden vastgelegd.

Afgelopen decennia is gebleken dat in vele gevallen de beschikbare tijd voor realisatie van publieke werken na aanbesteding te kort is voor (gefaseerd) grondonderzoek. Voor deze projecten dient de opdrachtgever een compleet grondonderzoek uit te voeren en een GIR bij de aanbesteding beschikbaar te stellen. Hiermee worden de uitvoerings, financiële risico's en ontwerponzekerheden inzichtelijk en aanzienlijk ingeperkt. Onvoldoende grondonderzoek is en blijft altijd risico opdrachtgever.

2.1 Definitie constructie

De eerste stap voor het opzetten van een grondonderzoek is het definiëren van de te realiseren constructie en het beschikbare tijdspad. Een woning, viaduct, windmolen, ophoging of een bouwkuip zorgen voor verschillende krachten op de ondergrond en hebben andere consequenties als de constructie bezwijkt. Op basis van de definitie van de constructie wordt de zogenaamde "Consequence Class" voor de constructie bepaald.

2.2 Bureaustudie (en geofysisch onderzoek)

Bij aanvang van een bureaustudie dienen gegevens over het te realiseren object, VO ontwerp en CC bekend te zijn. Op basis van de bureaustudie dient de complexiteit van de ondergrond en interactie met het te realiseren object bepaald te worden en "geotechnical complexity class" (GCC). Op basis van "consequence class" (CC) en "geotechnical complexity class" (GCC) wordt de "geotechnical category" (GC) vastgesteld.

Op basis van beschikbare data wordt in het kader van de bureaustudie verder:

- de invloedzone van de voorgenomen activiteiten bepaald;
- een grondmodel worden opgesteld;
- een inschatting gemaakt van de risico's en benodigd grondonderzoek om deze te reduceren.

Veel data zijn digitaal beschikbaar en de hoeveelheid zal naar verwachting in de komende decennia sterk toenemen. In de wet op de basisregistratie ondergrond (BRO) is een verplichting opgenomen om de data in de BRO te gebruiken¹. Vanuit deze basis is in onderstaande tabel aangegeven welke bronnen digitaal beschikbaar zijn en eenvoudig geraadpleegd kunnen worden.

Tabel 2.2. Digitaal beschikbare data ondergrond

Bron	Informatie
Basis Registratie Ondergrond (BRO)	Bodem en grondonderzoek (sonderingen, boringen, geotechnisch laboratorium onderzoek), grondwatermonitoring (meetpunten en tijdreeksen (grondwaterstanden en samenstelling), formatieweerstanden, grondwatergebruik), milieukwaliteit (wordt aan gewerkt), modellen (hydrogeologisch model (REGISII), geomorfologische kaart, bodemkaart, model grondwaterspiegeldiepte, GeoTOP, Digitaal Geologisch Model (DGM))
Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN)	Verschillende opnamen in de tijd
Kadaster	Kadastrale percelen
KLIC	Ondergrondse infrastructuur (kabels en leidingen)
Topografie	Ligging van wegen en plaatsen (ook historische kaarten beschikbaar)
Waterschappen	actuele grondwaterstanden / grondwaterpeilen, grondopbouw, grondparametersets, enz. enz.

In bijlage 2. Wordt nader ingegaan op aspecten van een bureaustudie.

2.3 Invloedszone

Definitie invloedszone:

De invloedszone is het gebied op en rondom de projectlocatie, waarin door de bouw effecten kunnen optreden, waarmee in het ontwerp rekening dient te worden gehouden. In bijlage 2 is een uitgebreide lijst opgenomen met aspecten die van invloed kunnen zijn op de realisatie van een project.

Effecten die o.a. kunnen optreden als gevolg van de realisatie van een project zijn:

- Zettingen in de omgeving door, ophogingen, ontgravingen, grondwaterstandverlagingen, vervormingen van grondkerende constructies
- Zettingen van de constructie zelf of nabijgelegen constructies uit dieper gelegen bodemlagen (zowel boven- als ondergronds)
- Trillingen door bouw- en sloopwerkzaamheden;
- (Mogelijke) Aanwezigheid van holtes in de ondergrond

¹ Voor sonderingen is geconstateerd dat er verschillen kunnen bestaan tussen de GEF data van de dataleverancier en XML-data in de BRO.

De grootte van de invloedszone van een project is afhankelijk van het type constructie en de hiervoor benodigde werkzaamheden. De omvang en inhoud van het geotechnisch onderzoek dient afhankelijk van de te bepalen eigenschappen van de verschillende zones afgestemd te worden. Denk bijvoorbeeld aan een al dan niet benodigde bemaling of trillingen als gevolg van hei-/trilwerkzaamheden. De invloedszone wordt onder andere bepaald door de bodemopbouw, maar bijvoorbeeld ook door de mate van verlaging van de grondwaterstand bij de bron (in het geval van een bemaling) en/of de amplitude en snelheid van trillingen bij hei-/trilwerkzaamheden en/of zettingen naast ophogingen ter plaatse van belendingen.

Een eerste inschatting van de invloedszone (met risico analyse) dient reeds plaats te vinden als onderdeel van de bureaustudie op basis van (een geotechnisch VO-ontwerp van) hetgeen er gerealiseerd moet worden. De invloedszone wordt per fase van een project opnieuw bepaald wanneer nieuwe data beschikbaar komen en meer bekend wordt over het ontwerp en uitvoeringswijze.

Indicatie horizontale verbreiding invloedszone buiten projectlocatie van enkele aspecten:

Bemalingen	: tientallen tot honderden meters ²
Zettingen mv achter damwand	: tot circa de ontgravingsdiepte achter de damwand
Zettingen naast ophogingen	: tot circa de dikte van de slappe lagen onder het maaiveld
Wateroverspanningen	: tot circa de dikte van de slappe lagen onder het maaiveld
Trillingen (heien / intrillen)	: tot enkele tientallen meters (soms meer dan 50-70m)
Trillingen (bouwverkeer)	: tot een tiental meters naast bouwweg
Heiverdichting in zand ³	: tot circa 3 maal de diameter van de palen

Indicatie verticale verbreiding invloedszone van enkele effecten

Bemalingen	: tot de eerstvolgende waterremmende laag onder bemaling
Verplaatsing achter damwand	: tot circa ontgravingsdiepte achter de damwand
Zettingen onder ophogingen	: tot circa 2 maal de breedte van de ophoging / tot de draagkrachtige laag.

Nuttige informatiebronnen voor het bepalen van effecten:

Bemalingen	: Dino / BRO / Bodemkaarten / Kaarten 1 ^e WVP / REGIS / MIPWA-model
Belendingen ⁴	: Gemeente archief / Sonderingen vlak naast belendingen
Zettingen naast ophogingen	: Sonderingen / Boringen in invloedszone
Trillingen	: Sonderingen / Boringen in invloedszone

² Indicatieve berekeningen voor een 5cm verlagingcontour kunnen worden uitgevoerd met het MIPWA grondwatermodel of andere rekensoftware op basis van geohydrologische parameters op basis van het REGIS model.

³ Bij grondverdringende palen in OC klei is de invloedszone afhankelijk van de paaldiameter en dichtheid van het palenveld aanzienlijk groter

⁴ Voor de beoordeling is o.a. het type fundering relevant

2.4 Beoordelen beschikbare data

Het verplicht gebruik van BRO-data is wettelijk vastgelegd, maar de waarde van historische geotechnische data voor geotechnisch ontwerpen dient nader bepaald te worden door de geotechnische gemeenschap. Door het voortschrijden van de techniek en inzichten zijn de nauwkeurigheden van metingen als sonderingen in de loop der tijd veranderd, zijn er andere klassen ontstaan en zijn beschrijfwijzen van grond aangepast. Deze kennis dient te worden meegewogen bij het bepalen van de waarde van historische gegevens alsmede veranderingen die zijn opgetreden in de tijd door menselijke invloeden (ontgravingen, ophogingen, peilverlagingen, funderingswerkzaamheden etc.). Voor de bepaling van de inhoud van het uit te voeren onderzoek dient uiteraard hiermee rekening te worden gehouden. Geotechnische ontwerpen dienen gebaseerd te zijn op data verzameld conform de huidige vigerende uitvoeringsnormen voor geotechnisch onderzoek.

Een veel gebruikte bron voor grondparameters is tabel 2B uit NEN 9997-1:2016/C2:2017 NL, waarin veilige waarden worden gegeven van een aantal grondeigenschappen. Deze tabel is opgenomen in bijlage 3 en is bedoeld om een eerste indruk te verkrijgen van mogelijke grondeigenschappen en indicatieve berekeningen. Voor geotechnische ontwerpberekeningen dienen deze middels onderzoek op locatie nader bepaald te worden (tenzij het toepassen van de minimale- en maximale waarden in deze tabel geen consequenties heeft voor de ontwerpberekeningen).

Voor gebruik van tabel 2.b. dienen de volgende eigenschappen te zijn vastgesteld:

1. Hoofdgrondsoort
2. Bijmengsel(en)
3. Consistentie: *zand los-matig-vast* en *klei/veen slap-matig-vast*
4. Volumieke gewichten γ en γ_{sat}
5. Conusweerstand q_c . (voor zanden dient de geconverteerde waarde $q_{c,tabel}$ van te worden bepaald als ingang)

Voor het gebruik van tabel 2b dienen naast sonderingen één of meerdere boringen uitgevoerd te worden voor het vaststellen van Hoofdgrondsoort, Bijmengsel(s) en Volumieke gewichten voor de grondlagen waarvan de geotechnische parameters uit deze tabel worden gebruikt.

OPMERKING: de variatiecoëfficiënten in deze tabellen dienen geverifieerd te worden. Deze zijn dusdanig dat nader onderzoek vaak niet loont tenzij we stellen dat slechts de minimale waarden gebruikt mogen worden tenzij voldoende lokaal onderzoek tot aantoonbare andere parameters leidt.

2.5 Geofysisch onderzoek

Met deze meetmethoden wordt in plaats van puntonderzoeken, zoals bij sonderingen en boringen, een continu beeld van de ondergrond verkregen en waarmee variaties in laagdikte, samenstelling en afwijkingen globaal kunnen worden gedetecteerd mede afhankelijk van de onderzoeksmethode.

Geofysisch onderzoek kan tijdens de bureaustudie gebruikt worden om afwijkingen in de bodemopbouw te bepalen en zo beter de locaties van het grondonderzoek vast te stellen voor uitvoering. Met name voor lijn infra en bouwprojecten die een groot oppervlakte beslaan, worden geofysische technieken vaak ingezet. In bijlage 4 wordt een toelichting gegeven over verschillende veelgebruikte technieken.

2.6 Grondmodel

Een grondmodel wordt in de Eurocode gedefinieerd als een 'site-specific' schets van de ondergrond op basis van resultaten van grondonderzoek en andere beschikbare gegevens'.

Het grondmodel is een compilatie van gegevens, waaronder kaarten, plattegronden, secties en rapporten die worden vastgelegd en geeft hiermee objectieve informatie over de bodem- en gesteentesoorten in de invloedszone. Het grondmodel moet de site en het omliggende gebied binnen de invloedszone bestrijken om de geotechnische en geologische context te bieden, potentiële bronnen van materialen voor de bouw, en de omringende omstandigheden die van invloed kunnen zijn op de grondwerken. Het grondonderzoeksrapport, met illustratie van het grondmodel, moet worden behandeld als het feitelijke gegevensbron voor de grondinformatie van de site.

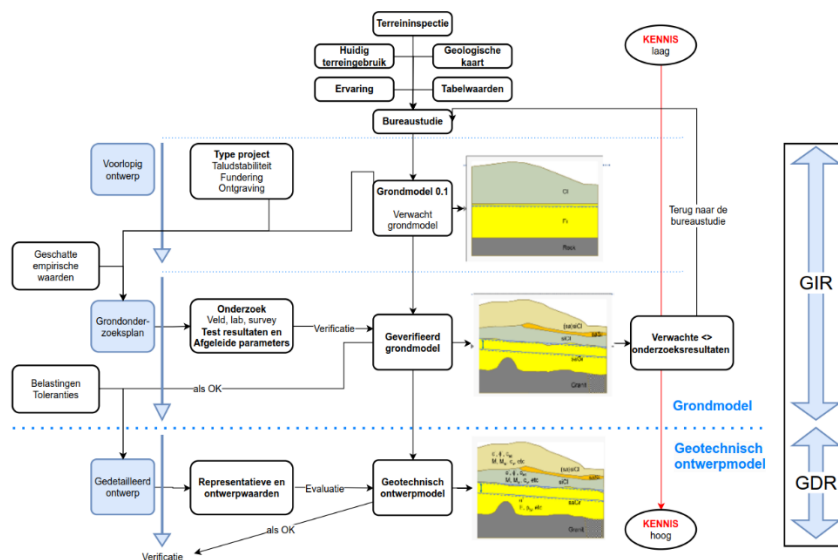
Het grondmodel omvat, maar is niet beperkt tot, de volgende componenten binnen de invloedszone:

- samenstelling ondergrond en geologische opbouw;
- oppervlakkige geologie en geomorfologie;
- hydrogeologische omstandigheden;
- geotechnische en geochemische omstandigheden.

Op basis van de bureaustudie wordt een voorlopig grondmodel ontwikkeld voor de invloedszone van het project. Het is de basis voor de veld- en laboratoriumonderzoeksplanning, met als doel verificatie en reducering van onzekerheden met aanvullende geotechnische, geologische en geohydrologische data. Omdat het onderzoeksprogramma wordt opgesteld op basis van het voorlopige grondmodel, kunnen veldonderzoeken niet beginnen voordat het voorlopige grondmodel is ontwikkeld.

Het grondmodel dient tevens als basis voor het schatten (en indien mogelijk kwantificeren) van de mogelijke effecten van de geplande activiteiten op de omgeving en risico's.

Figuur 4.1 toont de ontwikkeling van een grondmodel binnen een project waarin de onzekerheden en risico's met betrekking tot de ondergrond stapsgewijze worden gereduceerd.



Figuur 4.1. Ontwikkeling grondmodel binnen project

In figuur 4.1. worden de afkortingen GIR en GDR gebruikt. In onderstaande kaders wordt hierop een toelichting gegeven.

De afkorting GIR staat voor Ground Investigation Report. In dit rapport worden de resultaten van het grondonderzoek worden verzameld en dient het volgende te omvatten.

- Voor elk stadium van het grondonderzoek, bestaan uit een feitelijk verslag van de locatie-informatie en alle resultaten van de in situ- en laboratoriumtests zoals gedetailleerd in FprEN 1997-2:2024.
- Een grondmodel presenteren, tenzij er een is gepresenteerd in het GDR.
- Afgeleide waarden bevatten, indien beschikbaar.
- Beperkingen van de resultaten van veldonderzoek en laboratoriumtests vermelden.
- Een evaluatie van de geotechnische gegevens in het rapport bevatten, met vermelding van alle aannames die zijn gedaan bij de interpretatie van de testresultaten.
- Voor locaties in seismische regio's moet de GIR informatie bevatten die nodig is om seismische eigenschappen vast te stellen die vereist zijn door prEN 1998-1-1.

De afkorting GDR staat voor Geotechnical Design Report. In dit rapport wordt het verificatie- en ontwerpproces van alle bouwfases en het definitieve ontwerp gedocumenteerd. Het GDR omvat:

- Een beschrijving van de locatie en de geplande geotechnische structuur, inclusief de invloedszone;
- Een grondmodel, tenzij gepresenteerd in het GIR;
- Een vastlegging van de Gevolgklasse, Geotechnische Complexiteitsklasse en Geotechnische categorie;
- Naleving van de aannames in paragraaf 1.2 moet worden vastgelegd in het GDR;
- Documentatie van het geotechnisch ontwerpmodel (Geotechnical Design Model);
- Nominale en geometrische eigenschappen en evaluatie representatieve en ontwerp parameters;
- Verificatie 'limit states' en informatie over de uitvoering van het ontwerp.

Paragraaf 1.2 Aannames (FprEN 1997-1:2024 (E))

- 1) Naast de in EN 1990 gegeven veronderstellingen, veronderstellen de bepalingen van EN 1997 (alle delen) dat:
 - grondonderzoeken worden gepland door personen of organisaties met kennis van potentiële grond- en grondwateromstandigheden;
 - grondonderzoeken worden uitgevoerd door personen met de juiste vaardigheden en ervaring;
 - de evaluatie van testresultaten en de afleiding van grondeigenschappen uit het grondonderzoek worden uitgevoerd door personen met de juiste geotechnische ervaring en kwalificaties;
 - de voor het ontwerp vereiste gegevens worden verzameld, vastgelegd en geïnterpreteerd door personen met de juiste kwalificaties en ervaren personen;
 - geotechnische constructies worden ontworpen en geverifieerd door personen met de juiste kwalificaties en ervaring in geotechnisch ontwerp;
 - er voldoende continuïteit en communicatie bestaat tussen de personen die betrokken zijn bij het verzamelen van gegevens, ontwerp, verificatie en uitvoering.
- 2) Dit document is bedoeld om te worden gebruikt in combinatie met EN 1990, die principes en vereisten vastlegt voor de veiligheid, bruikbaarheid, robuustheid en duurzaamheid van constructies, inclusief geotechnische constructies en andere bouwwerken.
- 3) Dit document is bedoeld om te worden gebruikt in combinatie met EN 1997-2, die bepalingen geeft voor het bepalen van grondeigenschappen uit grondonderzoeken.
- 4) Dit document is bedoeld om te worden gebruikt in combinatie met EN 1997-3, die specifieke regels geeft voor het ontwerp en de verificatie van bepaalde typen geotechnische constructies.
- 5) Dit document is bedoeld om te worden gebruikt in combinatie met andere Eurocodes voor het ontwerp van geotechnische constructies, inclusief tijdelijke geotechnische constructies.

De uitwerking van een grondmodel voor de invloedzone van een project is afhankelijk van de geotechnische categorie en “consequence class”. In de guideline voor grondmodellen bij EC7 is een onderstaande tabel opgenomen met een toelichting die het grondmodel koppelt aan de geotechnische categorie.

GC Category	Development of Ground Model with the life of the project					
	<i>Desk Study (key stage 1)</i>	<i>Site Inspection(key stage 2)</i>	<i>Field test & laboratory testing for prelim design (key stage 3)</i>	<i>Field test & lab testing for design & execution (key stage 4)</i>	<i>Monitoring (key stage 5)</i>	<i>Fully developed Ground Model</i>
	→ Key elements used in the building of the Ground Model →					
GC1	All items in GC3 considered?	May be done at the time of GI?	Not Required	Simple GI. Minimum for the type of structure	Not required	SIMPLE GM (see example Figure XX)
GC2	All items in GC3 to be considered	All items in GC3 to be considered	May be required depending on the type of structure and how complex the ground is	GI appropriate to the type of structure	Settlement gauges Inclinometers Piezometers etc, if relevant	MEDIUM COMPLEX GM < (see example Figure YY)
GC3	Topography Geology Hydrogeology Archaeology Site condition Land Use Local knowledge Precedent Codes, standards	Skilled 'eye' inspection of site Soil & rock outcrops Marsh, peat Standing water Pits, hollows, shafts vegetation	Good practice to undertake some basic GI to inform design before main GI work is undertaken	One or more phases of GI undertaken to produce sufficient information on the site conditions	Full range of monitoring types used. To include ground and groundwater movements	COMPLEX GM (see example Figure ZZ.)
NOTE: Development of the Ground Model is a continually evolving process. It should not be considered complete until items in all five of the key stages listed in the table have been assessed.						
NB: for simple GC1 structures, key stage 4 may not be required as all field tests and lab testing etc for design will be completed within key stage 3						

Figuur 4.2 Verband tussen geotechnische categorie en grondmodel (bron: guideline ground model EC7)

Voor de Nederlandse situatie is in onderstaande tabel beknopt nader toegelicht hoe het grondmodel uitgewerkt dient te worden.

Tabel 4.1. Inhoud grondmodel

GC en CC	Minimale invulling	Gewenste invulling
GC1/CC1	Tekstuele omschrijving	Tekstuele omschrijving met 2D profiel
GC2/CC2	Tekstuele omschrijving met 2D profiel	Tekstuele omschrijving met meerdere 2D profielen in Fence Diagram
GC3/CC3	Tekstuele omschrijving met meerdere 2D profielen in Fence Diagram	Tekstuele omschrijving met meerdere 2D profielen in Fence Diagram en 3D model

Opmerking: Fence diagrammen kunnen naar verwachting met het beschikbaar komen van standaard software pakketten hiervoor in de komende jaren vervangen worden door geparameteriseerde 3D modellen.

Het grondmodel is een compilatie van gegevens die als doel heeft om de geotechnisch adviseur te ondersteunen tijdens het ontwerpproces en het opstellen van het geotechnisch rekenmodel. In onderstaande kaders zijn nadere duidingen opgenomen uit deel 1 en 2 van de nieuwe Eurocode die nader omschrijven wat onder een grondmodel wordt verstaan en een geotechnisch ontwerpmodel.

4.1 Grondmodel (FprEN 1997-2:2024(E))

- 1) Een grondmodel omvat de geologische, hydrogeologische en geotechnische omstandigheden op de locatie, op basis van de resultaten van het grondonderzoek.

OPMERKING 1 Geologische omstandigheden omvatten bijvoorbeeld de beschrijving van de geomorfologie van de locatie, de lithologie van de geotechnische eenheden, de potentiële aanwezigheid en het niveau van een rotskop, geometrische en geotechnische eigenschappen van discontinuïteiten en verweerde zones.

OPMERKING 2 Hydrogeologische omstandigheden hebben betrekking op oppervlakte-, grondwater- en piëzometrische niveaus, inclusief hun potentiële variatie in de tijd, potentiële waterstromen en de aanwezigheid van andere vloeistoffen of gassen die de locatie beïnvloeden.

OPMERKING 3 Geotechnische omstandigheden omvatten bijvoorbeeld de ligging van de geotechnische eenheden en het mechanische gedrag van de grond beschreven door de eigenschappen van de geotechnische eenheden.

- 2) Variabiliteit en onzekerheid van geologische, hydrogeologische - en geotechnische omstandigheden en eigenschappen moeten worden opgenomen in het grondmodel.
- 3) De details en de omvang van het grondmodel moeten consistent zijn met de geotechnische categorie en de invloedszone.

OPMERKING Richtlijnen voor geotechnische categorie en invloedszone zijn te vinden in FprEN 1997-1:2024, 4.1.2.

- 4) Het grondmodel moet geleidelijk worden ontwikkeld en bijgewerkt op basis van potentiële nieuwe informatie.

OPMERKING Het grondmodel en het grondonderzoeksrapport zijn de belangrijkste output van het grondonderzoek en vormen de basis voor de ontwikkeling van het geotechnisch ontwerpmodel (zie FprEN 1997-1:2024, 4.2.3).

- 5) Het grondmodel moet verwijzen naar de afgeleide waarden van grondeigenschappen voor aangetroffen geotechnische eenheden.

OPMERKING Richtlijnen voor afgeleide waarden zijn te vinden in 4.2.

- 6) Het grondmodel moet worden gedocumenteerd in het grondonderzoeksrapport.
- 7) Als alternatief voor (6) kan het grondmodel worden gedocumenteerd in het geotechnisch ontwerpmodel.

4.2.3 Geotechnical Design Model (FprEN 1997-1:2024 (E))

- 1) Voor elke geotechnische ontwerpsituatie moet een Geotechnisch Ontwerpmodel (GDM) worden ontwikkeld, met overeenkomstige combinaties van acties en bijbehorende relevante grenstoestanden.

OPMERKING Het GDM kan variëren met het type geotechnische constructie; voor één geotechnische constructie kunnen verschillende GDM's nodig zijn.

- 2) Het GDM moet gebaseerd zijn op het Grondmodel.

OPMERKING Richtlijnen voor het Grondmodel zijn te vinden in FprEN 1997-2:2024, Clausule 4.

- 3) Het GDM moet worden ontwikkeld na validatie van de informatie in het Grondmodel, volgens 4.2.4, met betrekking tot de variabiliteit en onzekerheid van de grondomstandigheden.
- 4) Het GDM moet representatieve waarden van grondeigenschappen bevatten voor alle geotechnische eenheden die in de invloedzone worden aangetroffen.

OPMERKING 1 Richtlijnen voor de selectie van representatieve waarden van grondeigenschappen zijn te vinden in 4.3.2. OPMERKING 2 Voor verificatie van grenstoestanden met behulp van de partiële factormethode worden ontwerpwaarden van grondeigenschappen bepaald op basis van representatieve waarden.

- 5) De GDM moet elke ruimtelijke trend in grondeigenschappen identificeren.

3 Grondonderzoek

3.1 Gefaseerde aanpak

Bij ieder project wordt op basis van een bureaustudie (en eventueel geofysisch onderzoek) en grondmodel op basis van hetgeen gerealiseerd dient te worden, een grondonderzoeksplan opgezet als basis voor een geotechnisch ontwerp en om risico's met betrekking tot de ondergrond te reduceren.

In dit hoofdstuk worden minimale eisen aangegeven voor een eerste grondonderzoek voor verschillende constructies om in een VO fase (voorlopig ontwerp) een geotechnisch ontwerp te kunnen maken. In de bijlage 5 wordt een overzicht gegeven van verschillende veld en laboratorium onderzoeken en toepassingsmogelijkheden hiervan. Voor het inschatten van de mogelijke effecten hiervan is de benodigde informatie over de invloedzone sterk afhankelijk van de locatie, bodemopbouw en daarmee de risico's. In sommige gevallen is de informatie verzameld tijdens de bureaustudie voldoende, in andere gevallen dient het indicatieve eerste grondonderzoek nadere informatie te verschaffen.

Tijdens de VO fase van een project wordt de invloedzone en informatiebehoefte opnieuw bepaald en indien nodig, een nader onderzoek opgezet. In de DO (definitief ontwerp) en UO (uitvoeringsontwerp) fasen wordt de invloedzone en informatiebehoefte opnieuw bepaald en een nader onderzoek opgezet. In de UO fase dient, indien noodzakelijk, een monitoringsplan te worden opgesteld, waarin is opgenomen hoe en met welke interventiewaarden dient te worden gemeten ter controle van de ontwerpplannen en om te voorkomen dat er ongewenste effecten (schades aan belendingen) ontstaan.

3.2 Huidige geotechnische ontwerp norm

In de huidige ontwerp norm NEN 9997-1:2023 Ontw. nl zijn reeds zaken opgenomen voor de minimale omvang van het grondonderzoek hoofdzakelijk gebaseerd op sonderingen voor het ontwerp van een paal- of staalfundering. In NEN-EN 1997-2:2007+C1:2010+NB:2011 en is met betrekking tot grondonderzoek opgenomen dat:

- 1) Geotechnisch onderzoek moet voldoende gegevens opleveren over de grond en grondwater-gesteldheden van de bouwplaats en zijn omgeving voor een juiste beschrijving van de essentiële grondeigenschappen en een betrouwbare bepaling van de karakteristieke waarden van de grondparameters te gebruiken in de ontwerpberekeningen.
- 2) Aard en de omvang van het geotechnisch onderzoek moeten worden afgestemd op de betreffende onderzoeksfase en geotechnische categorie (zie NEN-EN 1997-2:2007+C1:2010+NB:2011 en, hoofdstuk 2).
- 3) Voor zeer grote of ongewone constructies, constructies met hoog risico of met buitengewoon moeilijke ondergrondgesteldheden of belastingsomstandigheden, en voor constructies in sterk aardbevingsgevoelige gebieden is de omvang van het onderzoek volgens NEN-EN 1997-2:2007+C1:2010+NB:2011 en mogelijk niet voldoende om te voldoen aan de ontwerpplannen.
- 4) Indien de aard en de omvang van het onderzoek afhankelijk zijn van de geotechnische categorie van de constructie, behoren de ondergrondgesteldheden die een invloed hebben op de keuze van de geotechnische categorie in een zo vroeg mogelijk stadium van het onderzoek te worden bepaald.
- 5) In het onderzoek behoren visuele inspecties van het terrein te zijn begrepen om gedurende de bouw in staat te zijn de ontwerpplannen te toetsen.

3.3 Onderzoekstechnieken

In het algemeen is de Nederlandse ondergrond (met uitzondering van sommige delen van Limburg) geschikt voor het uitvoeren van elektrische sonderingen. Een standaard geotechnisch grondonderzoek bestaat uit een aantal sonderingen. Op basis van de sondeerresultaten worden, afhankelijk van het project, vervolgens de boringen uitgevoerd met grondmonsternamen om de bodemopbouw bij de geselecteerde sondeerlocaties te verifiëren. De boringen kunnen worden afgewerkt met peilbuizen de stijghoogte en waterkwaliteit in verschillende grondlagen te kunnen bepalen. Afhankelijk van de benodigde geotechnische parameters wordt een plan opgesteld voor laboratoriumonderzoek bestaande uit eenvoudige indextesten voor nadere karakterisering van de aangetroffen grondlagen en sterkteproeven voor de benodigde geotechnische rekenparameters.

3.3.1 Sonderingen

Conform NEN-EN-ISO 22476-1:2022 worden sondeerconussen op basis van meetnauwkeurigheid ingedeeld in conusklassen. Op basis van het nulpuntsverloop tijdens een sondering wordt de uitvoeringscategorie van de meting bepaald. Voor een eenvoudige draagkrachtberekening van funderingspalen in een zandpakket op basis van q_c voldoen alle sondeerconussen die voldoen aan de eisen van deze norm. Voor karakterisering van de geotechnische eigenschappen zijn nauwkeurigere metingen noodzakelijk. In tabel 4.3.1. wordt het betrouwbaarheidsniveau van metingen afhankelijk van het type conus en de sonderingscategorie weergegeven.

Tabel 5.1 Betrouwbaarheidsniveaus van metingen voor de karakterisering van geotechnische eigenschappen afhankelijk van het type conus en de sonderingscategorie

Toepassing	Betrouwbaarheidsniveau	Klasse sondeerconus			
		0	1	2	3
Karakterisering van geotechnische kenmerken van bodemafzettingen met $0,1 < q_{c,max} \leq 0,3$ MPa	Hoog				
	Gemiddeld	A			
	Laag	B			
Karakterisering van geotechnische kenmerken van bodemafzettingen met $0,3 \text{ MPa} < q_{c,max} \leq 1$ MPa	Hoog	A			
	Gemiddeld	B			
	Laag	C			
Karakterisering van geotechnische kenmerken van bodemafzettingen met $1 \text{ MPa} < q_{c,max} \leq 3$ MPa	Hoog	B			
	Gemiddeld	C			
	Laag	D			
Karakterisering van geotechnische kenmerken van bodemafzettingen met $q_{c,max} > 3$ MPa	Hoog		B en C		
	Gemiddeld	Niet aanbevolen	D		
OPMERKING A, B, C en D zijn de sonderingscategorieën volgens NEN-EN-ISO 22476-1:2022, tabel 3.					

Bij sondeerklasse 0 en 1 is meting van de waterspanning verplicht. Bij de overige klassen is dit optioneel. In Nederland wordt het meest gebruik gemaakt van de klasse 2 sondeerconus zonder waterspanningsmeting.

3.3.2 Geotechnische boringen

Geotechnische boringen dienen te worden uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22475-1:2020 en gekoppelde NEN norm. In de meeste gevallen zijn dit mechanische pulsboringen en handboringen. De boringen worden hoofdzakelijk uitgevoerd om de opgeboorde grond zintuiglijk te beschrijven en grondmonsters te nemen voor laboratoriumonderzoek. De boringen kunnen afgewerkt worden met peilbuizen om data te verzamelen over het grondwater (o.a. grondwaterstanden in de tijd en waterkwaliteit). Bij het uitbesteden van het grondonderzoek met boringen en laboratoriumonderzoek dient de monsternamecategorie vastgelegd worden.

De kwaliteit van de grondbeschrijving is afhankelijk van de kwaliteit van het grondmonster. Hierdoor ontstaan ook verschillen tussen veldbeschrijvingen van geroerde grondmonsters en beschrijvingen van ongeroerde grondmonsters in een laboratorium. De kwaliteit van de grondmonsters bepaald welke laboratoriumproeven hierop kunnen worden uitgevoerd. Voor o.a. de sterkte proeven wordt er van uitgegaan dat de grondmonsters ongeroerd zijn en overeenkomen met de in-situ omstandigheden. In onderstaande tabel wordt deze relatie nader toegelicht.

Tabel 5.2. Relatie kwaliteitsklassen/geschiktheid grondmonsters en monstername categorieën

Grondeigenschappen	Kwaliteitsklassen van grondmonsters voor uitvoeren van laboratoriumproeven				
	QM1	QM2	QM3	QM4	QM5
Identificatie	*	*	*	*	*
Opeenvolging van lagen	*	*	*	*	*
Laaggrenzen – breed (globaal)	*	*	*	*2	
Laaggrenzen - nauwkeurig	*	*	*		
Korrelverdeling	*	*	*	*	
Atterbergse grenzen	*	*	*	*	
korreldichtheid	*	*	*	*	
Gehalte organisch materiaal, kalkgehalte	*	*	*	*	
Classificatie	*	*	*		
Watergehalte	*	*	*		
Nat en droog volumieke massa	*	*	*1		
Dichtheid, density index, porositeit, doorlatendheid	*	*	*1		
Samendrukbaarheid, schuifsterkte, stijfheid	*	*			
Monstername categorieën	A				
	B				
	C			D	
	D				E
	E				

*1 In de praktijk worden volumieke massa's bepaald van grondmonsters QM3. Door verstoring als gevolg van monstername, transport en handeling van de 'void ratio' en watergehalte ten opzichte van de in situ condities kunnen afwijkingen ontstaan. (NEN-EN 1997-2:2007/NB:2011 en, p33 clause 3).

*2 Voor de betekenis van "laaggrenzen nauwkeurig" wordt verwezen naar NEN 8990-1:2020 tabel NA.4 laaggrenzen vanaf klasse L05.

In tabel NA.14 van NEN-EN-ISO 14688-1:2019+NEN 8990:2020 nl wordt een omschrijving gegeven van de verschillende kwaliteit klassen voor grondmonsters

Tabel NA.14 — Conditie beschreven grondmonster

Kwaliteit klasse grondmonsters	Omschrijving conditie grondmonster
QM1	Gelaagdheid, interne gelaagdheid, consistentie, veldvochtigheid en spanningstoestand intact (verandering door monsternamen reversibel)
QM2	Gelaagdheid, interne gelaagdheid, consistentie en veldvochtigheid intact
QM3	Gelaagdheid, interne gelaagdheid en veldvochtigheid intact
QM4	Gelaagdheid intact
QM5	Gelaagdheid niet intact

De verschillende typen laaggrenzen zijn in tabel NA.4 van NEN-EN-ISO 14688-1:2019+NEN 8990:2020 nl beschreven.

Tabel NA.4 — Beschrijving laaggrensklassen

Klasse	Type	Omschrijving
L01	Afgeleid	De grens is gebaseerd op een verandering die niet is waargenomen in het monster, maar afgeleid uit het boorgedrag
L02	Voorbepaald	De grens is niet gebaseerd op een waargenomen verandering maar kunstmatig bepaald en valt samen met de grens van een bemonsterd interval of van een beschrijfinterval
L03	Indirect	De grens is afgeleid uit een sondering binnen een straal van 5 m vanaf de boring
L04 ^a	Waargenomen willekeurig ^b	Waargenomen grootte overgangsgebied in het monster: > 100 mm
L05 ^a	Waargenomen diffuus	Waargenomen grootte overgangsgebied in het monster: ≥ 30 mm - < 100 mm
L06 ^a	Waargenomen geleidelijk	Waargenomen grootte overgangsgebied in het monster: ≥ 3 mm - < 30 mm
L07 ^a	Waargenomen scherp	Waargenomen grootte overgangsgebied in het monster: < 3 mm

^a Klasse L04 kan worden bepaald met QM4-monsters. Klassen L05 t/m L07 kunnen alleen worden bepaald met minimaal QM3-monsters.

^b Willekeurig houdt in dat de verandering zo geleidelijk is dat de grens op een willekeurige plaats in het traject van verandering is gelegd.

In de aan NEN-EN-ISO 22475-1:2020 gekoppelde NEN-norm zijn voor de in Nederland gebruikelijke boor- en monsternamen methoden in tabelvorm per type grondsoort de maximaal haalbare kwaliteit klasse grondmonsters aangegeven.

De uitvoering van geotechnische veld- en laboratoriumonderzoek (en monitoring) is genormeerd. Een lijst met de in Nederland gebruikte normen hiervoor is opgenomen in bijlage 1. In hoofdstuk 3.4. wordt het benodigde grondonderzoek per geotechnische constructie beschreven.

3.4 Minimaal geotechnisch grondonderzoek GC2 constructies

Op basis van de huidige kennis van de geologische opbouw van de Nederlandse ondergrond en natuurlijke variaties die hierin voorkomen dient voor onbekende constructies uitgegaan te worden van een maximale afstand tussen onderzoekspunten. Hiervoor is een tabel opgesteld voor GC2 constructies die is opgenomen in bijlage 6. In deze bijlage zijn tevens aspecten opgenomen om hierbij mee te nemen.

In gebieden waar de ondergrond door menselijke activiteiten verstoord is kunnen op korte afstanden sterke verschillen optreden en dient de maximale onderzoeksafstand verkleind te worden. Geofysisch onderzoek is in deze gebieden zinvol om de lay-out van de onderzoekspunten te bepalen.

3.5 Aanvullende eisen grondonderzoek voor paalfunderingen

Voor paalfunderingen zijn in NEN 9997-2 voor GC2 en GC3 constructie aanvullende eisen opgenomen met betrekking tot de minimale afstand en aantal onderzoekspunten. Deze worden hieronder toegelicht.

Tabel 5.2. Minimale afstand en aantal onderzoekspunten paalfunderingen

Type constructie	Maximum afstand X_{max}	Minimum aantal N_{min}
Paalfundering	[m]	[-]
$\Delta R_{c;cal} < 0,3 \times R_{c;cal;gem}$	25	2
$\Delta R_{c;cal} < 0,4 \times R_{c;cal;gem}$	20	2
$\Delta R_{c;cal} < 0,5 \times R_{c;cal;gem}$	15	2

- $R_{c;cal;gem}$ is de gemiddelde waarde van de maximum draagkracht van de paal of palen; $\Delta R_{c;cal}$ is het verschil tussen de hoogste en de laagste waarde van de maximumdraagkracht
- Er moeten terreinproeven zijn uitgevoerd op de omtrek van het bouwwerk waarbinnen funderingselementen zijn geprojecteerd
- op elke hoek een proef behalve als de breedte kleiner is dan 0,6 x de lengte
- 2 proeven tot een diepte van 5 m onder het paalpuntniveau en 1 proef tot 10 x kleinste dwarsafmeting paal
- Voor bouwwerken hoger dan 70 m diepte minimaal 3 x kleinste breedte of max 25 m. Diepte minimaal 3 x kleinste breedte of max 25 m
- Worden terreinzettingen verwacht van meer dan 0,1 m, die het gevolg zijn van recent of vroeger aangebrachte terreinbelastingen; 1 boring met bepalingen van (schuif)eigenschappen volgens 7.3.2.2. Dit is niet nodig indien in de directe omgeving van het bouwproject betrouwbare gegevens of als de samenstelling van de bodem en de grondeigenschappen aan tabel 2.b zijn ontleend.

Op basis van alleen een enkele sondering is het niet mogelijk om betrouwbaar de bodemopbouw van cohesieve lagen te bepalen en parameters te ontlene aan tabel 2.b.. Hiervoor zijn zowel een sondering als boring op locatie nodig. Indien een boring wordt uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 14688-1:2019+NEN 8990:2020 nl dient de boring tot minimaal 3 m minus maaiveld uitgevoerd te worden en beschreven te worden conform beschrijfklaas B2. Voor het bepalen van de consistentie van organische en fijne gronden dienen de grondmonsters minimaal een kwaliteitsklasse QM4 te zijn en QM3 voor bepaling volumieke gewichten.

Geotechnisch laboratoriumonderzoek

Voor geotechnisch laboratoriumonderzoek kan onderscheid gemaakt worden in eenvoudige indextesten met classificatie en geavanceerde proeven.

Deel 2 van NEN-EN-ISO 14688 (NEN-EN-ISO 14688-2:2019+NEN 8991:2024 Ontw. nl) geeft de beproevingsmethoden aan, waarmee grond kan worden geclassificeerd in groepen van gelijke samenstelling en geotechnische eigenschappen op basis van de resultaten van veld- en laboratoriumproeven gerelateerd aan de geschiktheid voor geotechnisch ontwerp. In NEN 8991:202 nl zijn bepalingen voor de Nederlandse omstandigheden opgenomen.

In ‘NEN-EN 1997-2:2007 (en) Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp - Deel 2: Grondonderzoek en beproeving’ zijn in de informatieve bijlagen aanbevelingen opgenomen voor een minimum aantallen en typen proeven voor de te bepalen grondparameters per laag (zie tabel 5.3, 5.4 en 5.5). De aantallen en typen proeven zijn afhankelijk van de in het ontwerp benodigde parameters. Het minimum aantal proeven kan beperkt worden in geval dat het geotechnisch ontwerp niet geoptimaliseerd behoeft worden en conservatieve parameters worden gebruikt of indien er vergelijkbare ervaringen of combinaties met veldinformatie van toepassing zijn.

Tabel 5.3. Minimaal aantal indextesten eerste fase grondonderzoek per grondlaag

Indextest	Vergelijkbare ervaring	
	Nee	Ja
Korrelgrootte verdeling	4 - 6	2 - 4
Watergehalte	Alle QM1 tot QM3 grondmonsters	
Sterkte index	Alle QM1 grondmonsters	
Atterbergse grenzen	3 - 5	1 - 3
Gloeiverlies	3 - 5	1 - 3
Volume gewicht	Alle QM1 tot QM3 grondmonsters	
Dichtheidsindex	Indien relevant	
Soortelijke dichtheid	2	1
Kalkgehalte	Indien relevant	
Sulfaat gehalte	Indien relevant	
pH	Indien relevant	
Chloride gehalte	Indien relevant	
Soil dispersibility	Indien relevant	
Vorst gevoeligheid	Indien relevant	

Tabel 5.4. Minimaal aantal triaxiaal-proeven eerste fase grondonderzoek per grondlaag

Minimaal aantal testen voor "effective angle of shearing resistance"			
Variabiliteit in sterkte 'envelope' Correlatie coëfficiënt r van 'regression curve'	Vergelijkbare ervaring		
	Geen	Beperkt	Veel
$r \leq 0,95$	4	3	2
$0,95 \leq r \leq 0,98$	3	2	1
$r \geq 0,98$	2	1	1
Minimaal aantal testen voor bepaling ongedraineerde schuifsterkte ^a			
Variabiliteit in ongedraineerde schuifsterkte (voor dezelfde consolidatie spanning)	Vergelijkbare ervaring		
	Geen	Beperkt	Veel
Ratio max/min waarden > 2	6	4	3
1,25, Ratio max/min waarde ≤ 2	4	3	2
Ratio max/min waarde $\leq 1,25$	3	2	1

^a Eén test betekend een set van 3 individuele specimen getest bij verschillende spanningen

Tabel 5.5. Minimaal aantal samendrukkingsproeven eerste fase grondonderzoek per grondlaag

Variabiliteit in oedometer modulus E_{oed} (in relevante stress range)	Vergelijkbare ervaring		
	Geen	Beperkt	Veel
Range van E_{oed} waarden $\geq 50\%$	4	3	2
$\approx 20\%$, Range van E_{oed} waarden $< \approx 50\%$	3	2	2
Range van E_{oed} waarden $< \approx 20\%$	2	2	1 ^a

^a Eén samendrukkingsproef en indextesten voor verificatie met vergelijkbare ervaring

4 Rapportage

Een grondonderzoeksrapport (GIR) conform de nieuwe Eurocode dient de onderstaande onderdelen bevatten. Voor de Nederlandse situatie zou de rapportage minimaal de vetgedrukte onderdelen moeten bevatten, de overige onderdelen indien beschikbaar.

(1) Basis rapportage grondonderzoek

- 1. Projectnaam**
- 2. Voorgestelde structuur uitvoeringsfase relevant voor GIR, reikwijdte onderzoek**
- 3. Normatieve verwijzingen**
- 4. Lijst met informatie die is gebruikt om het grondonderzoek te plannen**
- 5. Geotechnische categorie (selectie voor grondonderzoek)**
- 6. Siteoverzicht**
 - a. Voor projecten op het land: topografie, bestaande constructies, vegetatie, nabij open water
 - b. Voor projecten nabij de kust: huidige getijdenniveaus en bathymetrie
- 7. Locatie (coördinaten)**
- 8. Bureaustudie**
9. Inspectie ter plaatse (schouwverslag)
10. Geologische - en geohydrologische studies
11. Geofysische onderzoeken of - metingen
- 12. Veldonderzoeken (rapportage conform betreffende uitvoeringsnormen)**
- 13. Laboratoriumonderzoek (rapportage conform betreffende uitvoeringsnormen)**
14. Grondwateronderzoeken (rapportage conform betreffende uitvoeringsnormen)
15. Presentatie en beoordeling van monitoringresultaten
16. Afgeleide waarden van grondeigenschappen
 - a. Toestand, fysische en chemische eigenschappen
 - b. Sterkte eigenschappen
 - c. Eigenschappen van stijfheid en samendrukbaarheid
 - d. Cyclische, dynamische en seismische eigenschappen
 - e. Grondwater en geohydrologisch eigenschappen
 - f. Geothermische eigenschappen
 - g. Andere relevante eigenschappen
 - h. Informatie bedoeld in par. 4.2 (4) van FprEN 1997-2:2024(E)
- 17. Grondmodel**
- 18. Beoordeling van resultaten**
 - a. Eventuele beperkingen, discrepanties, onzekerheden of hiaten in de gegevens
 - b. Elke afwijking van de standaardprocedures voor veld- en laboratoriumtesten

(2) Aanvullende informatie dan gegeven in (1) moet worden opgenomen, indien van toepassing:

- a. Aanzienlijke variaties in de consistentie van de grond (zwakker of sterker)
- b. Blijkbaar afwijkende of uitbijterresultaten voor een grondeigenschap
- c. Geometrische onregelmatigheden inclusief holtes en zones van onderbroken materiaal
- d. Belangrijke observaties uit de veld- en laboratoriumtesten en uit de monitoring

(3) Het volgende moet aan de GIR worden toegevoegd als rapporten waarnaar wordt verwezen:

- a. veldrapporten;
- b. laboratoriumtestrapporten;
- c. rapporten over veldonderzoek en monitoring;
- d. bureaustudies;
- e. geologische en geohydrologische studies.

(4) Het volgende moet als afzonderlijke bijlagen aan de GIR worden toegevoegd:

- a. Tabellen en grafische weergave resultaten veldonderzoek en laboratoriumtests;
- b. veldverkeningsrapporten;
- c. geëvalueerde peilingen met afgeleide waarden;
- d. grafische weergaven van afgeleide waarde;
- e. schattingen van de variatiecoëfficiënten van grondeigenschappen.

(5) Plannen, doorsneden en profielen met onderzoeklocaties moeten worden toegevoegd aan de GIR.

5 Kwaliteitsborging

De nieuwe Omgevingswet en de Wet kwaliteitsborging voor het bouwen zijn per 1 januari 2024 in werking getreden. De Omgevingswet en de Wkb zijn aan elkaar gekoppeld.

De Wet kwaliteitsborging voor het bouwen (Wkb), ook wel kortweg Wet kwaliteitsborging genoemd, verplaatst de toetsing aan de bouwtechnische eisen van een bouwwerk van de gemeente naar een onafhankelijke partij, de zogenoemde kwaliteitsborger. Dit geldt niet direct voor alle bouwwerken, maar gaat in fases. De veranderingen uit de Wkb gelden (naar verwachting) tot en met 2028 alleen voor nieuwbouw van eenvoudige bouwwerken. Dit zijn bijvoorbeeld eengezinswoningen en kleinere bedrijfspanden. Daarna volgen de andere bouwwerken.

De Wkb heeft als doel de bouwkwaliteit en het bouwtoezicht te verbeteren via private kwaliteitsborgers. Daarnaast wordt de aansprakelijkheid van aannemers uitgebreid. Vergunningaanvragen en vergunningchecks lopen vanaf 1 januari 2024 via het Digitaal Stelsel Omgevingswet (DSO). Omdat dit een grote impact heeft wordt in de bouw voor bouwwerken veel gewerkt met standaard constructies, getoetst door een kwaliteitsborger, en gecertificeerde producten.

Voor geotechnisch onderzoek en geotechnische berekeningen is hier nog niets voor beschikbaar. Vanuit de Wkb is het belangrijk om zaken in geotechnische normen zo eenduidig mogelijk vast te leggen. De geotechnische grondonderzoekswerkzaamheden zouden via een certificeringssysteem (BRL's) of accreditatie geborgd kunnen worden. Voor bureaustudies, geofysisch onderzoek en interpretatie, het maken van grondmodellen, risico-analyses, het opstellen van GIR's en geotechnische berekeningen zouden we aan een combinatie van ervaringseisen en verplichtte opleidingen met certificaten kunnen denken.

6 Samenstelling commissie

Dit document is opgesteld door een commissie op initiatief vanuit de VOTB. Deze commissie was als volgt samengesteld:

Elisabet Alink	Fugro Land NL	e.alink@fugro.com
Kees-Jan van der Made	Wiertsema & Partners	c.made@wiertsema.nl
Maarten ter Linde	BAM Infraconsult	Maarten.ter.linde@bam.com
Tom van Es	Hoogveld Geonius	t.vanes@goenius.nl
Wim Nohl	Fugro (gepensioneerd)	w.nohl@ziggo.nl

Bijlage 1.

Actuele geotechnische normen

Voor Nederland belangrijkste vigerende normen voor veld en laboratoriumonderzoek en een aantal normen die voor deze werkzaamheden nog beschikbaar komen

Norm	Omschrijving
Veldwerkzaamheden	
NEN-EN-ISO 14688-1:2019+NEN 8990:2024 Ontw. nl	Identificatie van grond
NEN-EN-ISO 14688-2:2019+NEN 8991:2024 Ontw. nl	Classificatie van grond (Indextesten)
NEN-EN-ISO 22475-1:2021 en + NENxxxx (volgt)	Boren en monsternamen
ISO 22476-1:2022 en + NENxxxx (volgt)	Elektrisch sonderen
ISO 22476-9:2020 en	Veld vinproef (FVT en FVT-F)
NEN-EN-ISO 22282-1:2012 en	Geohydrologische beproevingen; Algemene regels
NEN-EN-ISO 22282-2:2012 en	Geohydrologische beproevingen; Waterdoorlatendheidsproef in een boorgat open systeem
NEN-EN-ISO 22282-3:2012 en	Geohydrologische beproevingen; Waterdrukproef in gesteente
NEN-EN-ISO 22282-4:2021 en	Geohydrologische beproevingen; Pompproef
NEN-EN-ISO 22282-5:2012 en	Geohydrologische beproevingen; Infiltrometer beproefing
NEN-EN-ISO 22282-6:2012 en	Geohydrologische beproevingen; Waterdoorlatendheidsproef in een boorgat met packer

Norm	Omschrijving
Laboratoriumonderzoek	
NEN-EN-ISO 17892-1:2014 en / NEN-EN-ISO 17892-1:2014/A1:2022 en	Watergehalte
NEN-EN-ISO 17892-2:2014 en	Dichtheid fijne grond
ISO 17892-3:2015 en	Dichtheid gronddeeltjes
NEN-EN-ISO 17892-4:2016 en	Korrelgrootteverdeling
NEN-EN-ISO 17892-5:2017 en	Samendrukkingsproef (één dimensionaal)
NEN-EN-ISO 17892-6:2017 en	Valconus
NEN-EN-ISO 17892-7:2018 en	Samendrukkingsproef
NEN-EN-ISO 17892-8:2018 en	Triaxiaal proef ongeconsolideerd, ongedraineerd
NEN-EN-ISO 17892-9:2018 en	Triaxiaal proef geconsolideerd
NEN-EN-ISO 17892-10:2019 en	Directe afschuifproef
NEN-EN-ISO 17892-11:2019 en	Doorlatendheid
NEN-EN-ISO 17892-12:2018 en / ISO 17892-12:2018/Amd 1:2021 en	Atterbergse grenzen
NEN 8992:2024 Ontw. nl laboratoriumonderzoek	Nadere eisen Nederland

Norm	Omschrijving
Monitoring	
NEN-EN-ISO 18674-1:2015 en	Algemeen
NEN-EN-ISO 18674-2:2016 en	Extensometers
NEN-EN-ISO 18674-3:2018 en	Inclinometers
NEN-EN-ISO 18674-4:2020 en	Peilbuizen en waterspanningsmeters
NEN-EN-ISO 18674-5:2019 en	Totaal drukcellen
NEN-EN-ISO 18674-6 (volgt)	Hydraulische zettingsmeters
NEN-EN-ISO 18674-7 (volgt)	Spanningsmeters
ISO 18674-8:2023 en / NEN-EN-ISO 18674-3:2018/A1:2020 en	Drukcellen
NEN-EN-ISO 18674-9 (volgt)	Geodetische metingen
NEN-EN-ISO 18674-10 (volgt)	Trillingsmetingen

Bijlage 2.

Aspecten bureaustudie

Bij een bureaustudie dienen o.a. de onderstaande aspecten beschouwd te worden:

- inventarisatie van beschikbare data en locatie specifieke factoren die van invloed kunnen zijn op grondonderzoek en realisatie van het project;
 - o risico's kunnen gerelateerd zijn aan: topografisch, (hydro)geologie, of menselijke activiteiten;
 - o beoordeling van de beschikbare informatie op betrouwbaarheid en volledigheid van de data voor het identificeren van mogelijk risico's
- inventarisatie en prioritering project specifieke risico's ondergrond en locatie;
- voorstellen voor verder onderzoek;
 - o specificatie benodigd grondonderzoek voor reductie risico's ondergrond;

In onderstaande lijst zijn zaken opgenomen kunnen worden in een bureaustudie.

Locatiegegevens:

- plaats (adres, coördinaten);
- grenzen;
- land eigenaar;
- huidig -en voorgesteld landgebruik;
- bescherming van het terrein en milieutoestand;
- topografische kaarten en locatieonderzoeken inclusief afwateringstrajecten;
- aanwezigheid van diensten en nutsvoorzieningen (boven- en ondergronds);
- op afstand waargenomen beelden, en details van toegang tot sites en andere relevante informatie.

Geschiedenis:

- historische kaarten, foto's, teledetectiebeelden;
- kaarten en bewijsstukken van het gebruik van de site in het verleden;
- identificatie van veranderingen in topografie en onstabiele grond;
- aanwezigheid van waterlopen en kans op overstromingen;
- archeologisch potentieel; de aanwezigheid van en beschermende aanduiding;
- door de mens gemaakte constructies, waaronder funderingen, infrastructuur en mijnwerkzaamheden;
- mogelijke aanwezigheid van niet ontplofte munitie;
- mogelijkheid van antropogene verontreiniging of van nature voorkomende schadelijke stoffen
- huidig/verleden gebruik van de site en andere relevante informatie.

Geologie:

- geologische, geomorfologische, bodem- en hydrogeologische kaarten en modellen;
- rapporten en andere documenten, waaronder digitale gegevens;
- boorbeschrijvingen, boorgatmetingen (+zoutwachters), putregistraties, tijdreeksen grondwaterstanden;
- grondonderzoeken in het verleden in de omgeving, seismologische informatie en registraties;
- informatie over natuurlijke holten en antropogene holten.

Eerdere ervaring:

- eerdere ervaring in het gebied;
- prestaties van andere constructies in het gebied;
- eigenschappen van vergelijkbare grond van de locatie of elders.
- database met geotechnische en geologische informatie:

- historische kaarten;
- archiefmateriaal van eerder gebouwde structuur in de invloedzone;
- spanningsvelden in gebruik voor gesteentemassa's (wereldstresskaart)

Bijlage 3.

Tabel 2B in NEN 9997

Nieuwe tabel 2B voor in NEN 9997-1:2023

Op basis van grondsoorten op basis van NEN-EN-ISO 14688-1:2019+NEN8990:2020

Tabel 2b-1. Karakteristieke waarden van grondeigenschappen niet cohesieve gronden op basis van conusweerstand q_c en de grondbeschi

Waarneming ^a			Karakteristieke waarde van het grondlaaggemiddelde van een grondeigenschap ^b											
Grondsoort		q_c ^{c,†} [MPa]	Pakking ^d	γ^o	γ_{sat}	C'_p	C'_s	$C_c/(1+e_0)$ ^f	C_α	$C_{sw}/(1+e_0)$ ^g	E_{100} ^g	φ' ^f	c'	
Primaire fractie	Secundaire fractie			[kN/m ³]	[kN/m ³]	[-]	[-]	[10 ⁻³]	[-]	[10 ⁻³]	[MPa]	[°]	[MPa]	
GRIND	geen	15	Los	17	19	500		4,6		1,5	45	32,5		
		25	Matig dicht	18	20	1000		2,3		0,8	75	35		
	siltig	10	Los	18	20	400		5,8		1,9	30	30		
		15	Matig dicht	19	21	600		3,8		1,3	45	32,5		
ZAND	geen	30	Dicht	20	22	1200	1400	1,9	1,6	0,6	90	105	40	
		25	Dicht	20	21	1000	1500	2,3	1,5	0,8	0,5	75	110	40
	siltig / kleilig	5	Los	17	19	200		11,5		3,8	15	30		
		15	Matig dicht	18	20	600		3,8		1,3	45	32,5		
siltig / kleilig	25	Dicht	19	20	1000	1500	2,3	1,5	0,8	0,5	75	110	40	
	8				200	400	11,5	5,8	3,8	1,9	15	30	25	
		12		18	19	20	21	450	650	1,7	1,2	35	50	27,5
Variatiecoëfficiënt ^h v [-]			-	0,05				0,25				0,1		-
^a Deze tabel is alleen van toepassing op normaal geconsolideerde grond. Om deze tabel te kunnen gebruiken dienen verder twee gegevens bekend te zijn 1) de grondsoort en 2) de conusweerstand; deze dienen gezamenlijk als ingang van deze tabel.														
^b De tabel geeft van de desbetreffende grondsoort de lage, respectievelijk de hoge karakteristieke waarde van grondlaaggemiddelden. Binnen een gebied, vastgesteld door de rij van de grondsoort en de conusweerstand en de kolom van de parameter (een cel), geldt: <ul style="list-style-type: none"> als een verhoging van de waarde van een van de grondeigenschappen tot een ongunstiger situatie leidt dan de toepassing van de in de tabel gepresenteerde lagere karakteristieke waarde, moet de rechterwaarde op dezelfde regel zijn gebruikt. Is er rechts geen waarde vermeld, dan moet de waarde er recht onder zijn toegepast; OPMERKING Dit is bijvoorbeeld het geval bij negatieve kleef op een paal waar een hogere waarde van q' ook een hogere waarde van de negatieve kleef oplevert.														
^c De hier gegeven q_c -waarden (conusweerstand) behoren beschouwd te worden als ingang in de tabel en mogen niet in de berekeningen worden gebruikt.														
^d De pakking is de omschrijving van de classificatie van de relatieve dichtheid. Los: 15%< I_p <35%; Matig dicht: 35%< I_p <65%; Dicht: 0,65%< I_p <85%														
^e De γ -waarden zijn van toepassing bij een natuurlijk vochtgehalte														
^f De q_c , E_{100} , φ' en de samendrukkingsparameters $C_c/(1+e_0)$ en $C_{sw}/(1+e_0)$ genormeerd voor een effectieve verticale grondspanning σ'_v van 100 kPa. Om voor de in het terrein gemeten waarden van q_c een juiste ingang in de tabel te krijgen moeten deze waarden zijn geconverteerd naar het niveau van de effectieve verticale grondspanning σ'_v van 100 kPa. In dat kader moet de formule $q_{c,tabel} = q_{c,terrein} \times C_{cp}$ worden gebruikt, waarbij C_{cp} moet zijn ontleend aan $C_{cp} = (100 \times \sigma'_v)^{0,7}$. Als $q_{c,tabel}$ groter wordt dan de in de tabel gegeven waarde geldt de onderste regel voor de desbetreffende grondsoort.														
^g De elasticiteitsmodulus bij belastingherhalingen mag zijn aangenomen als zijnde driemaal de aangegeven waarde.														
^h Dit is de variatiecoëfficiënt van het laaggemiddelde van betreffende parameter voor een grondlaag met één grondsoort zoals die in onder natuurlijke omstandigheden voorkomt.														

Tabel 2b-2. Karakteristieke waarden van grondeigenschappen cohesieve gronden op basis van netto conusweerstand q_{cn} en de grondbeschrijving

Waarneming ^a			Karakteristieke waarde van grondeigenschap ^b																		
Grondsoort		q_{cn} c ^f [MPa]	γ^d en γ_{sat} [kN/m ³]	C'_p [-]	C'_s [-]	$C_u/(1+e_0)^f$ [10 ⁻²]	C_u [10 ⁻²]	$C_{sw}/(1+e_0)$ [-]	E_{100} ^h [MPa]	$\varphi^{g,o}$ [°]	c' [kPa]	c_u^j [MPa]									
Primaire fractie	Secundaire fractie en aandeel organisch materiaal																				
SILT ^a	zwak zandig	1	19	25	650	92	3,7	30,7	2	27,5	0	0,029 q_{cn} 0,071 q_{cn}									
		2	20	45	1300	51,1	2	17	3	27,5	1										
		3	21	22	70	100	1900	2500	32,9	23	1,3		0,9	11	7,7	5	7	27,5	35	2,5	3,8
	sterk zandig	2	19	20	45	70	1300	2000	51,1	32,9	2,0		1,3	17	11	3	5	27,5	35	0	1
KLEI	geen	0,5	14	7	80	328,6	13,1	109,5	1	17,5	0		0,029 q_{cn} 0,071 q_{cn}								
		1,0	17	15	160	153,3	6,1	51,1	2	17,5	5										
		2,0	19	20	25	30	320	500	92	76,7	3,7			3,1	30,7	25,6	4	10	17,5	25	13
	zwak zandig	0,7	15	10	110	230	9,2	76,7	1,5	22,5	0										
		1,5	18	20	240	115	4,6	38,3	3	22,5	5										
	sterk zandig	2,5	20	21	30	50	400	600	76,7	3,1	1,8			25,6	15,3	5	10	22,5	27,5	13	15
		1,0	18	20	25	140	320	1680	92	46	3,7			0,7	30,7	5,5	2	5	27,5	32,5	0
zwak tot sterk organisch	0,2	13	7,5	30	306,7	153,3	102,2	0,5	15	0	1										
	0,5	15	16	10	15	40	60	230,7	153,3	115,3	7,7	76,7		51,1	1	2	15	0	1		
VEEN	geen	0,1	10	5	20	460	230	153,3	0,2	15	1										
		0,2	12	13	7,5	10	30	40	306	230	15,3	11,5		102,2	76,7	0,5	1,0	2,5	5		
Variatiecoëfficiënt ⁱ v [-]		-	0,05	0,25								0,1		0,2	0,25						

^a Deze tabel is alleen van toepassing op normaal geconsolideerde grond. Om deze tabel te kunnen gebruiken dienen verder twee gegevens bekend te zijn 1) de grondsoort en 2) de conusweerstand; deze dienen gezamenlijk als ingang van deze tabel.

^b De tabel geeft van de desbetreffende grondsoort de lage, respectievelijk de hoge karakteristieke waarden van grondlaaggemiddelden. Binnen een gebied, vastgesteld door de rij van de grondsoort en de conusweerstand en de kolom van de parameter (een cel), geldt:
— als een verhoging van de waarde van een van de grondeigenschappen tot een ongunstiger situatie leidt dan de toepassing van de in de tabel gepresenteerde lagere karakteristieke waarde, moet de rechterwaarde op dezelfde regel zijn gebruikt. Is er rechts geen waarde vermeld, dan moet de waarde er recht onder zijn toegepast.
OPMERKING Dit is bijvoorbeeld het geval bij negatieve kleeft op een paal waar een hogere waarde van φ' , c' en c_u ook een hogere waarde van de negatieve kleeft oplevert.

^c De netto conusweerstand dient te worden bepaald door de volgens NEN-EN-ISO 22476-1:2013 formule (6) gecorrigeerde conusweerstand q_c te verminderen met de verticale grondspanning σ_{v0} , dus $q_{cn} = q_c - \sigma_{v0}$. De hier gegeven q_{cn} -waarden (conusweerstand) behoren beschouwd te worden als ingang in de tabel en mogen niet in de berekeningen worden gebruikt.

^d De γ -waarden zijn van toepassing bij een natuurlijk vochtgehalte

^e De waarden hebben betrekking op verzadigd SILT

^f De conusweerstand in cohesieve gronden is laag tot zeer laag en hierdoor is deze gevoelig voor de meetnauwkeurigheid, zie NEN-EN-ISO 22476-1:2013 voor details betreffende meetnauwkeurigheid per sondeerklasse.

^g De φ' voor VEEN, KLEI, KLEI zwak zandig, KLEI met een zwak tot sterk aandeel organische materiaal betreft niet de pieksterkte maar lagere waarde. De in de tabel gegeven waarde in de linker kolom is afgestemd op een situatie met gelaagde grond die niet allemaal gelijktijdig de pieksterkte bereiken en waarvan de mogelijk een sterke afneemt na het bereiken van de pieksterkte. De in de tabel gegeven waarde in de linker kolom voor de φ' betreft de gemobiliseerde sterkte op het moment dat de stijvere lagen hun pieksterkte bereiken.

^h De elasticiteitsmodulus bij belastingsherhalingen mag zijn aangenomen als zijnde driemaal de aangegeven waarde.

ⁱ Voor de bepaling van de ongedraineerde schuifsterkte c_u dient de in terreingemeten netto conusweerstand ($q_{cn,terrein}$) te worden toegepast

^j Dit is de variatiecoëfficiënt van het laaggemiddelde van betreffende parameter voor een grondlaag met één grondsoort zoals die in onder natuurlijke omstandigheden voorkomt.

De tabel 2B wijk af van tabel A.1 in de nieuwe Eurocode die hieronder is weergegeven.

Table A.1 (NDP) — Indicative values of coefficient of variation for different ground properties

Soil / Rock Type	Ground property	Symbol	Coefficient of variation, V_x (%)
All soils and rocks	Weight density	γ	5–10
Fine-grained soils	Shear strength in total stress analysis	c_u	30–50
All soils and rocks	Peak or residual effective cohesion	c'_p or c'_r	30–50
All soils and rocks	Coefficient of friction	$\tan \varphi$	5–15
All soils and rocks	Shear strength at failure	τ_f	15–25
All soils and rocks	Unconfined compressive strength	q_u	20–80
All soils	Modulus of deformability ^a	E or G	20–70
Fine-grained soils	Vertical or horizontal consolidation coefficient	c_v or c_h	30–70
All soils	Hydraulic conductivity ^b	K	70–250

^a This refers to the different moduli of deformation whose symbols appear FprEN 1997-2:2024, 3.2.1.

^b Given the high value of the coefficient of variation for the hydraulic conductivity, this procedure should not be used.

Bijlage 4.

Geofysische onderzoeksmethoden

ALGEMEEN

Het is onjuist om zonder nader onderzoek te veronderstellen, dat een bepaalde puntmeting representatief is voor een gebied van enkele tientallen vierkante meters. Als uit het gehele onderzoek op het terrein blijkt, dat er variaties aanwezig zijn, ook al zou de desbetreffende grondlaag geologisch als homogeen kunnen worden opgevat. Hiervoor kunnen geofysische metingen een belangrijke aanvulling zijn om verassing in een later projectstadium zo veel mogelijk te voorkomen.

GEOFYSISCH ONDERZOEK

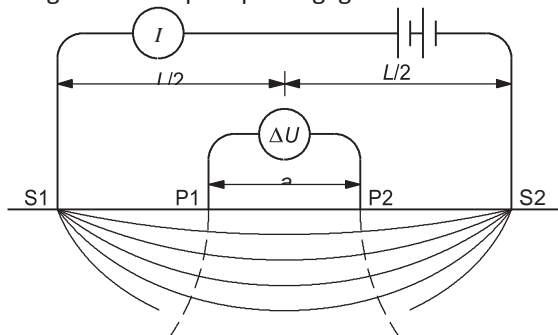
Geofysische meetmethoden vallen onder de niet destructieve meetmethoden vanaf het bestaande maaiveld en maken gebruik van elektromagnetische of geluidsgolven. Vooral bij elektromagnetische golven wordt de toepassing beperkt door interferentie met metalen voorwerpen, boven- en/of ondergrondse leidingen of door variaties in de geleidbaarheid van de grond of het grondwater. Daarom is voor de uitvoering en de interpretatie van de metingen veel ervaring en vakmanschap vereist.

Met deze meetmethoden wordt in plaats van puntonderzoeken, zoals bij sonderingen en boringen, een continu beeld van de ondergrond verkregen en waarmee variaties in laagdikte, samenstelling en afwijkingen bij voldoende penetrerend vermogen kunnen worden gedetecteerd.

GEO-ELEKTRISCHE METHODE

Op een niet-destructieve manier kan met enige voorkennis van het te onderzoeken gebied uit de resultaten van de geo-elektrische metingen een goed inzicht worden verkregen van de bodemopbouw in termen van lagen en de variatie daarvan in het meetgebied. Boringen en sonderingen, die het resultaat van de geo-elektrische meting moeten aanvullen, kunnen nu doelgericht worden uitgevoerd. De resultaten van het geo-elektrisch onderzoek, dat vooral geschikt is voor langgerekte geotechnische werken, zoals wegen en dijken, zullen belangrijk kunnen bijdragen aan een goede uitwerking van alle meetgegevens van het onderzochte gebied.

In figuur 2 is het principe aangegeven hoe de methode werkt.



Figuur 2 Principe van de geo-elektrische onderzoeksmethode

Tussen twee in de grond geplaatste stroomelektroden wordt een spanningsveld in de grond aangebracht. Met behulp van de tussengelegen meetelektroden wordt het potentiaalverschil in volt tussen twee equipotentiaallijnen gemeten. Uit de afstand tussen deze meetelektroden, het gemeten spanningsverschil en de gemeten stroomsterkte wordt de specifieke elektrische weerstand bepaald van het grondpakket, dat binnen de invloedzone is gelegen. Deze specifieke elektrische weerstand wordt bepaald door de samenstelling van dit grondpakket.

Door de stroomelektroden verder uit elkaar te plaatsen wordt de invloedsdiepte vergroot. De bodem is opgebouwd uit de materialen korrels, water en lucht. Bij zand is de elektrische weerstand van de korrels en de eventueel aanwezige lucht praktisch gesproken oneindig groot ten opzichte van de specifieke elektrische weerstand van het grondwater. Bij klei doen ook de korrels mee aan de geleiding van de elektrische stroom.

In het algemeen geldt, dat droge zandlagen een hoge specifieke elektrische weerstand bezitten. Klei- en veenlagen hebben een significant lagere specifieke elektrische weerstand. De weerstand van de bodemlagen wordt in zandlagen hoofdzakelijk door het in de poriën aanwezige water bepaald, terwijl klei- en veenlagen van nature al een lagere weerstand hebben.

De weerstand van het grondwater wordt bepaald door het gehalte aan ionen. Over het algemeen heeft de mate van verzadiging dus ook een grote invloed op de specifieke elektrische weerstand van de grond.

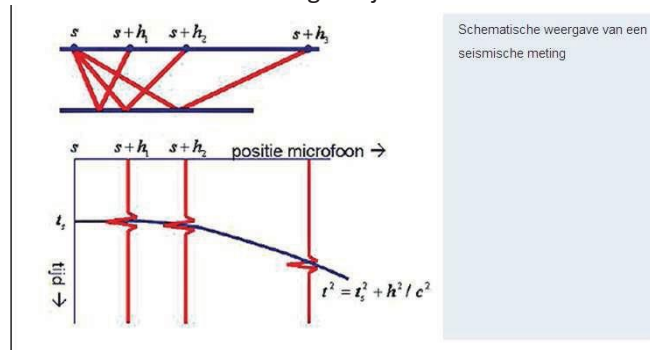
Het dieptebereik van de methode kan worden gesteld op de helft van de afstand tussen de stroomelektroden. Door de grote geleidbaarheid van brak en zout grondwater is het onderscheidend vermogen van de methode in die situaties vaak zo gering, dat een betrouwbaar beeld van de grondlagenopbouw niet kan worden verkregen.

SEISMISCH ONDERZOEK

Seismische onderzoeksmethoden berusten op de meting van de voortplantingsnelheid van een schokgolf of van een trilling in de grond. Voor het seismisch onderzoek op het land wordt meestal gebruik gemaakt van de golfbrekingmethode of refractiemethode. Voor onderzoek in diep water kan de terugkaatsingsmethode of reflectiemethode goed worden toegepast. Daarbij wordt dan het water als medium gebruikt. Op die manier worden ook waterdiepten bepaald met een zogenaamd echolood.

Voor geotechnische doeleinden wordt deze methodiek niet vaak toegepast, omdat deze nogal bewerkelijk is. De methode is tevens minder geschikt voor ondiepe grondlagen bepaling. Het uitvoeren van sonderingen gaat meestal sneller, is betrouwbaarder en meestal ook goedkoper.

De resultaten van sonderingen zijn bovendien direct bruikbaar voor technische toepassingen.

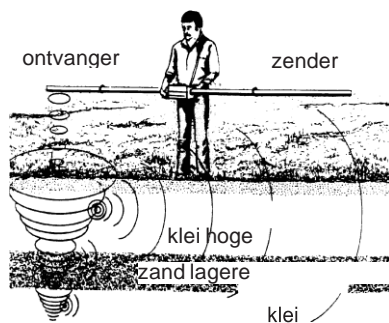


Figuur 4. Principe van de seismische refractiemeting

Het probleem, waarvan het principe in figuur 5b is aangegeven, is als volgt te formuleren. Bepaal de gemiddelde dikte van een laag, waarin de seismische drukgolven zich voorplanten met een snelheid v . In deze eerste laag is de voortplantingssnelheid over het algemeen lager dan in de tweede laag, waarin de voortplantingssnelheid v bedraagt. Bij een bepaalde afstand tussen het punt op maaiveld, waar de schokgolf wordt aangebracht, en een zogenaamde gefoon, waarmee de aankomst van de drukgolf wordt geregistreerd, wordt de looptijd via de omweg door de tweede laag in de grond korter dan de looptijd in de bovenste laag. Door de gefoons op toenemende afstanden van de schok-golfverwekker te plaatsen kunnen de loopsnelheden v worden bepaald. Uit deze gegevens kan dan de laagdikte d van laag 1 worden vastgesteld. Hoe dit gebeurt is in figuur 5a aangegeven. De schokgolf wordt meestal opgewekt door een kleine lading tot explosie te brengen of door met een hamer een klap te geven op een stalen plaat, die goed is ingebed in de grond. De golven worden door de gefoons gesignaleerd, waarbij zowel sterkte als aankomsttijd wordt geregistreerd.

ELEKTROMAGNETISCHE METHODE

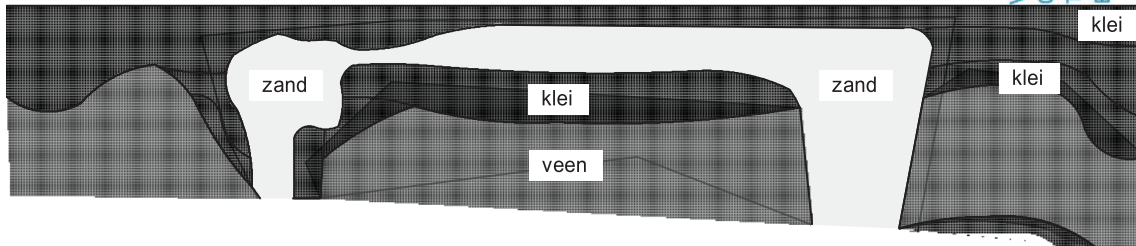
Door middel van elektromagnetische inductie worden in de grond zwakke elektrische stroompjes opgewekt. Daardoor ontstaat er een zwak secundair magnetisch veld, dat door het instrument wordt waargenomen. Dit geeft een indruk van de geleidbaarheid van de grond in het door de methode beïnvloede gebied. In de armen van het apparaat, schematisch weergegeven in figuur 6, zijn een zendspoel en een ontvangspoel ondergebracht. In het centrale gedeelte wordt het zendsignaal opgewekt en wordt het gedetecteerde signaal afgelezen. Door de stand van de spoelen te veranderen kan de geleidbaarheid van de grondlaag tot een diepte van 4 m of tot een diepte van circa 6 m worden gemeten. Met moderne apparatuur kunnen meerdere spoelafstanden gelijktijdig gemeten worden.



Figuur 6 Een grondverkenning met een eenvoudig elektromagnetisch apparaat

Figuur 7 geeft een voorbeeld van een elektromagnetisch onderzoek. De metingen geven een beeld van de opbouw en samenstelling van de bodem tot een diepte van 6 m, doordat de geleidbaarheid van zandlagen verschilt van die van klei- en veenlagen. Het aldus verkregen beeld vormt een goede basis voor de selectie van de punten, waar aanvullende boringen en sonderingen moeten worden verricht om tot een meer volledig beeld van de kwaliteit van de grond te kunnen komen, zoals in het onderste gedeelte van figuur 7 is aangegeven.

De methode kent beperkingen door de interferentie met metalen voorwerpen, die in de directe omgeving staan van de meetraai. Vaak is maar een deel van de geplande meetraai geschikt voor EM-metingen. Grondige terreinverkenning vooraf is dan ook altijd een vereiste om te kunnen vaststellen of het de moeite en geld loont de methode met voldoende betrouwbaarheid in te zetten.



Figuur 7 Resultaat van een geïnterpreteerd elektromagnetisch onderzoek

BODEMRADAR

Een 'ground-penetrating radar' (GPR) of grondradar wordt gebruikt om de bodem en/of voorwerpen daarin te onderzoeken of te detecteren. Ook de term grondradar wordt gebruikt, maar die term wordt ook wel gebruikt voor een radarinstallatie op de grond.

GPR wordt gebruikt om bijvoorbeeld de eigenschappen van bodemlagen te bepalen. Sinds de jaren 70 zijn de toepassingen sterk toegenomen, bijvoorbeeld in de geofysica. GPR maakt gebruik van elektromagnetische golven.

Indicatieve kosten

Methode	Globale meetsnelheid
elektromagnetisch onderzoek	5-10 lijnkm/dag
grondradar	7-15 lijnkm/dag
groundtracer	7-15 lijnkm/dag
magnetometer (gradiometer)	7-15 lijnkm/dag
magnetometer (counus)	5-15 sonderigen/dag
metaaldetector	5-8 lijnkm/dag
radiometer	5-8 lijnkm/dag
seismiek	1 lijnkm/dag
seismisch sonderen	3-5 sonderingen/dag
time domain Em	5-10 lijnkm/dag
geo-elektrische onderzoek	1 lijnkm/dag
zwaartekracht onderzoek	1 lijnkm/dag

Toepassing verschillende geofysische technieken

	Techniek	toepassing bij techniek		Toepassing	techniek bij toepassing
1	elektromagnetisch onderzoek	A,H,I,K,M,N,O,R	A	archeologisch onderzoek	1,2,4,6,11
2	grondradar	A,B,C,D,F,H,I,J,L,M,N,O,R	B	asfaldikte bepalen	2
3	groundtracer	M	C	beton dikte bepalen	2
4	magnetometer (gradiometer)	A,I,J,M,O	D	bodemopbouw en gesteldheid	2,8,11
5	magnetometer (counus)	G,I,J	E	bodemsterkte/draagkracht bepalen	9
6	metaaldetector	A,I,J,M,O,Q	F	breuken en holtes detectie	2,8,12
7	radiometer	I,M	G	damwand lengte bepaling	5
8	seismiek	D	H	dijk kwaliteit/sterkte onderzoek	1,2,11
9	seismisch sonderen	E	I	explosieven opsporen	1,2,4,5,6,7
10	time domain Em	K,L	J	fundering onderzoek	2,4,5,6
11	geo-elektrische onderzoek	A,D,H,K,L,O,R	K	grondwater verontreiniging	1,10,11
12	zwaartekracht onderzoek	F,O	L	grondwaterstand bepaling	2,10,11
			M	kabels en leidingen detectie	1,2,3,4,6,7
			N	leiding lek detectie	1,2
			O	ondergronds afval/obstakels detectie	1,2,4,6,11,12
			P	slibdikte bepaling	2
			Q	wapening in beton controleren	2,6
			R	zout-zoetwater grens bepalen	1,2,11

Bijlage 5

Veld- en laboratoriumonderzoek en toepassing

In tabel B.1 staan de mate van geschikte onderzoekstechnieken gegeven voor de diverse onderdelen van het onderzoek. Hier zal ook nog kritisch naar moeten worden gekeken hoe er voor NL moet uitzien. Onderstaand een deel van de tabel.

Tabel B.1 — Richtlijnen voor geschikte grondonderzoekmethoden

Benoedigde grond informatie (prEN 1997-2 clauses) H = Hoog relevant M = Medium relevant L = Laag relevant		5.2.1	5.2.2	5.2.3	5.2.4	5.2.5	6	7.1 en 7.2	7.3	8	9	10	11	12							
		Bureau studie - historie en terreingebruik in het verleden	Terrein inspectie - grond	Disposition and nature of geotechnical units	Grondwater condities	Doorlatendheid eigenschappen	Geotechnische monitoring	Beschrijving en classificatie van de grond	Fysische eigenschappen	Chemische eigenschappen	Sterkte eigenschappen	Stijfheid eigenschappen	Cyclische respons en seismische eigenschappen	Grondwater en geohydraulische eigenschappen	Geothermische eigenschappen	Aanwezigheid van holten (natuurlijk of onnatuurlijk)	Eigenschappen van materialen voor hergebruik	Verontreinigde grond	Aggressieve grond		
Voorgestelde constructies en engineering werkzaamheden	Constructies (prEN 1997-3)	4 Ontgravingen, ingravingen	C	C	H	H	H	H	H	L	H	M	M	H	L	M	M	L	L		
		4 Ophogingen	C	C	H	H	M	H	H	H	L	H	H	M	H	L	M	M	M	L	
		5 Funderingen op staal	C	C	H	H	H	M	H	H	M	H	H	M	H	L	H	L	H	H	
		6 Paalfunderingen	C	C	H	H	H	M	H	H	H	H	M	H	M	H	L	H	H	H	
		7 Keerconstructies	C	C	H	H	H	H	H	H	H	H	M	H	L	M	H	M	M	M	
		8 Ankers	C	C	H	H	M	M	H	H	H	H	M	H	L	M	L	M	H	H	
		9 Gewapende grondconstructies	C	C	H	H	H	M	M	H	H	H	M	H	L	M	M	M	H	H	
		10 Grond versterkings elementen	C	C	H	H	M	M	H	H	H	H	M	H	L	M	L	M	H	H	
		11 Grondverbetering	C	C	H	H	M	M	H	M	M	M	M	M	L	L	L	M	H	H	
		12 Grondwater controle	C	C	H	H	H	H	H	M	M	M	M	H	L	H	L	H	M	M	
		Miscellaneous projecten	Lijn - wegen	C	C	H	H	M	M	H	H	M	H	M	H	L	H	H	H	H	H
			Lijn - pijpleidingen	C	C	H	H	H	M	H	H	H	H	M	H	L	M	H	H	H	H
	Lijn - tunnels		C	C	H	H	H	H	H	H	L	H	M	H	L	H	H	M	M	M	
	Ondergrondse verbindingen		C	C	H	H	H	M	H	H	L	H	M	H	L	H	M	M	M	M	
	Dammen en weirs		C	C	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	L	M	M	
	Constructie materialen	C	C	H	H	L	M	H	H	H	H	H	L	H	L	L	H	H	H	H	

Benodigde grond informatie (prEN 1997-2 clauses) H = Hoog relevant M = Medium relevant L = Laag relevant		5.2.1 Bureau studie - historie en terreingebruik in het verleden	5.2.2 Terrain inspectie - grond	5.2.3 Disposition and nature of geotechnical units	5.2.4 Grondwater condities	5.2.4 Doorlatendheid eigenschappen	5.2.5 Geotechnische monitoring	6 Beschrijving en classificatie van de grond	7.1 en 7.2 Fysische eigenschappen	7.3 Chemische eigenschappen	8 Sterkte eigenschappen	9 Stijfheid eigenschappen	10 Cyclische response en seismische eigenschappen	11 Grondwater en geohydraulische eigenschappen	12 Geothermische eigenschappen	Aanwezigheid van holten (natuurlijk of onnatuurlijk)	Eigenschappen van materialen voor hergebruik	Verontreinigde grond	Aggressive grond
Geschiede onderzoeksmethoden (Clause 5.3) H = Hoog, M = Matig, L = Slechte toepasbaarheid "" = niet van toepassing	Geothermische warmte installaties	C	C	H	H	H	L	H	H	H	L	L	L	H	H	L	L	M	H
	In kaart brengen en remote sensing	H	H	M	H	L		M						L		H		M	M
	Monstername		M	H	M	L	L	H	L	M	H	H	M	M	L	H	L	M	L
	Boringen		L	H	H	H	M	H	H	M	M	M	L	H	M	M	M	H	M
	Proefgaten		M	H	H	M	L	H	H	M	M	L	L	H	L	L	H	H	H
	Geofysische testen		H	H	M	L	L	M	H	L	H	H	H	M	M	H	L	L	L
	Veldwerk		M	H	H	H	H	M	H	H	H	H	H	H	H	L	M	L	M
	Monstername en laboratoriumproeven		M	H		H	H	H	H	H	H	H	H	H	H		H	H	H
	Identificatie en classificatie van grond		H	H	H			H	H	M	H	M	M	M	M	H	H	H	H
	Grondwater omstandigheden		H	H		H	H	H	H	M				M	H	H	M	M	H
	Geohydraulische testen					H	H	H	H					M	H	H	H		H
	Geothermische testen								H						H				
	Monitoring														H	M			M
	Proeven op grote schaal op prototypes									H	H			M	M			H	
	Back analysis van constructies					H				H	H			H	M			M	
	Back analysis van taluds					H				H	H	H		H				M	

Tabel B.2 - Vereenvoudigd overzicht van veldproeven zoals vermeld in Clause 5

Eigenschap	Veldproeven																											
	BDP SPT boring resultaten	BJT Borehole Jack Test	BST Borehole Shear test	CPT/CPTU Cone penetration test	DMT Flat Marchetti dilatometer test	DPT Dynamic Penetration test	Electrical density method	FDP Full displacement pressiometer	FDT Flexible Dilatometer test	FVT Field Vane Test	ISRM-Flat Jack	ISRM – Geophysical Methods	ISRM – Hydraulic Fracturing	ISRM – Overcoring in borehole	ISRM – Total pressure Cells	Loose bulk density and voids	MPM Ménard Pressiometer	Nuclear methods	PBP Pre-bored pressiometer	PLT Plate Loading Test	Sand replacement method	SBP Self-boring pressiometer	SCPT/SDMT/SPBP Seismic tests	SPT Standard penetration Test	Total Pressure Cells	WST Weight Sounding test		
7.1.2 Volumiek gewicht						C2									C2				FCR 2-3									
7.1.3 Water gehalte																				FC2								
7.1.6 Relatieve dichtheid	C2			C2		C1										C2								C1		C1		
7.1.7 Horizontale in-situ spanning					FC3				FC1-2				R3				FC2		FCR 2-3				FC3			FC3		
7.1.7 Hor spannings toestand / orientatie															R2-3													
7.1.7 Insitu spannings toestand / (schuifspanning)															R3													
8.2 (Ongedraineerde) schuifsterkte			CR2	FC3	FC3	C2			FC3		F3						FC3		FCR3				FC3		C2			
9.1 Oedometer modulus				FC2					FC3		FC3														FC1			
9.1 E-Modulus		R2		FC1	FC3	FC1			FC3	FC3							FC3		FC3	C2			FC3			FC1		
9.1 Shear Modulus				FC2					FC3			R3					FC3		FC3				FC3	FCR3	FC1			
9.2 Horizontale consolidatie coefficient c_h				FC1	FC1				FC1								FC1		FCR1				FC1	FC3	FC1			
10.4 Schuifgolfsnelheid																												

F = Fine Soils, C = Coarse Soils, R = Rock, 1 = Low Applicability, 2 = Medium Applicability, 3 = High Applicability

In tabel B.4 staat een overzicht van geschikte lab proeven voor de bepaling van de verschillende parameters. Er staan ook de nodige proeven in die voor NL totaal van toepassing zullen zijn.

Tabel B.4 – Vereenvoudigd overzicht van toepasbaarheid van laboratoriumproeven volgens clausules 7 tot 10 – deel 2

Eigenschap	Laboratoriumproeven																										
	Atterberg - Casagrande	Atterberg - Fall cone	Atterberg - Tread Viethod	BE - Bender Element test	CDSS - Cyclic Direct Simple Shear	CTS - Cyclic Torsional Shear	CTX - Cyclic Triaxial Test	Directe schuifproef	DSS - Direct Simple shear	ISRVI - kruip eigenschappen van rots	ISRVI - Huder Amberg methode	ISRVI - TX - geconsolideerde triaxiaalproef compressie	ISRVI - UCT - ongeconsolideerde ongedraineerde triaxiaalproef	IST - interface schuifproef	OED CRS Constant rate of strain test	OED - II. Samensluitingsproef - belasting stapsgewijs	Point Load test	P-Wave	RC - Resonant Column Test	Ring shear test	Schmidt Hammer test	Zwielproeven - Andere methoden - zie tabel 9.6	TX - Geconsolideerde gedraineerde triaxiaalproef	UCT - Vrije Prisma Proef	UUTX - Ongeconsolideerde ongedraineerde triaxiaalproef		
7.1.7 Neutrale grondrukcoefficient K_0															F3	F3											
7.1.7 Voorbelasting, OCR															F3	F3											
8.2 Schuifsterkte	F1	F1	F1					FC2	FC3											FC3				FC3		F2	F2
8.3 Rots sterkte												R3	R3				R2				R2						
9.1 Oedometer Modulus															F3	F3											
9.1 Elasticiteitsmodulus								FC3							F3	F3			FC3					FC3		F3	
9.1 Schuifmodulus								FC3	FC3											FC3				FC3			
9.2 Samendrukbaarheid, Consolidatie en Kruip eigenschappen	F1	F1									R3				F3	F3							F3				
9.2.4 Zwel eigenschappen															F3	F3						F2-3					
10.3 Secant schuifmodulus en demping eigenschappen						FC3	R3	FC1												FC3							
10.4 Lage rek schuifmodulus				FC2		FC2	R2	FC1																			
10.5 Wateroverspanning						FC3	R2	FC3																			
10.6 Cyclische schuifsterkte						FC3	R2	FC3																			

F = Fijne gronden, C = Grove gronden, R = Rots/Gesteente, 1 = Lage toepasbaarheid, 2 = Matige toepasbaarheid, 3 = Hoge toepasbaarheid

Verder staan in bijlage B normen vermeld voor de bepaling van de verschillende geotechnische parameters als sterkte, stijfheid, samendrukbaarheid, consolidatie etc. d.m.v. veld- en labproeven.

Dit zal voor NL moeten worden gereduceerd tot de voor de NL relevante praktijk. Voor niet geotechnici en zelfs voor onervaren geotechnici, die ook niet bekend zijn met de internationale praktijk, is dit document volgens mij niet praktisch hanteerbaar.

Bijlage 6.

Minimaal grondonderzoek

In de tabellen wordt voor specifieke constructies verwezen naar richtlijnen van bepaalde opdrachtgevers die van toepassing kunnen zijn waarin andere voorwaarden kunnen zijn opgenomen. We merken hierbij op dat de genoemde richtlijnen niet alomvattend zijn.

In de tabellen zijn veel voorkomende constructies genoemd. We merken hierbij op dat de lijst van constructies niet alomvattend is.

In deze bijlage is tevens in tabelvorm een samenvatting opgenomen van 'Standaardprocedures voor geotechnisch onderzoek: ALGEMENE BEPALINGEN 'van 14 juli 2016. De opzet van deze Standaardprocedures voor geotechnisch onderzoek kadert in de algemene visie van de Belgische Groepering voor Grondmechanica en Geotechniek (BGGG) om de kwaliteit van het geotechnisch onderzoek in België op een hoger peil -te brengen.

FUNDERING OP STAAL		NEN 9997-1+C2							Verwijzingen
		Onderzoekspunten ^a					Minimum aantal en klasse (on)geroerde grondmonsters per niet cohesieve grondlaag	Aspecten / opmerkingen	
Type constructie	Minimum aantal sonderingen	Maximum afstand X_{max}	Minimum diepte sonderingen	Minimum aantal ^{bc} boringen	Minimum aantal en klasse ongeroerde grondmonsters per cohesieve grondlaag				
	[-]	[m]	[m]	[-]	[-]		[-]	[-]	
Lage constructies		2		(1)				Zettingen, draagkracht	
Hoge constructies	4 - 10 verdiepingen	4	25 ^c	(1)	0		0	Zettingen, draagkracht	
Openbare wegen, parkeerterreinen en verhardingen	aardenbanen	2	40	(1)	1 QM3 (QM2)		1 QM4	Zettingen en stabiliteit	
Silo's en tanks		4	15	$3 * D_{silo}$	1	2 QM2		Zettingen, draagkracht EEMUA 183, PGS 29:2016	
Brugpijlers en landhoofden	Per steunpunt	2	15		1	1 QM3 (QM2)		Zettingen, draagkracht, stabiliteit	
Keerconstructies			25		1	2 QM2		Stabiliteit	
Beschoeiingen	keerhoogte < 3 m		40	$N + \max(H_w+2; F+5)$	(1)	1 QM3 (QM2)		Stabiliteit	
Kadeconstructies	keerhoogte > 3m				1	2 QM2	0	Stabiliteit	
Taluds en ontgravingen	< 3 m hoogte/diepte	2	25	$N + \max(0,4*h; 3)$	(1)	1 QM3 (QM2)		Stabiliteit	
	≥ 3 m hoogte/diepte				1	2 QM2		Stabiliteit	
Ophogingen en gewapende grond constructies	< 3 m hoogte/diepte	2	50	$N + \max(1,2*h; 1*B; 3)$	(1)	1 QM3 (QM2)		Stabiliteit	
	≥ 3 m hoogte/diepte				1	2 QM2		Stabiliteit, zettingen	
Ontgravingen in bebouwd gebied met een diepte van > 5 m beneden maaiveld	Ontgraving > 5 m		25	$N + 0,4*h$	1	2 QM2	1 QM4	Stabiliteit, zettingen	
Waterkeringen	grondlichaam		100 ^d			2 QM2	1 QM4	Stabiliteit, zettingen Waterwet, Su-protocol en Stowaprotocol	
Gestuurde boringen		2	100 ^d	$D_m + 5$	(1)	0	1 QM4	Bodemopbouw SIKB- protocol 5201, NEN 3651	
Kabels en leidingen (ontgravingen)				(1)	1 QM2		0	Opbarsten, warmte-transport, stabiliteit Gasunie richtlijnen?	

Index
a) waar geen afstand of aantal locaties zijn gegeven dient dit te worden gebaseerd op projectspecifieke basis
b) waarden tussen haakjes voor het aantal boringen zijn afhankelijk van het project en de keuze van de ontwerper. Indien geen boring wordt uitgevoerd waarbij niet de benodigde parameters zijn bepaald dienen de ongunstigste waarden voor het ontwerp te worden gehanteerd zoals vermeld in tabel 2.b. Hierbij dient de bodemopbouw niet enkel uit de sonderingen te zijn afgeleid echter op **nabijgelegen representatief** onderzoek met informatie over de classificatie en bij voorkeur volumieke gewichten van de betreffende grondlagen.
c) indien grondwaterstand binnen 3 m- maaiveld, minimaal 1 boring afwerken met een peilbuis om de grondwaterstand te kunnen peilen
d) een deel ook met waterspanningmeting uitvoeren

B = breedte ophoging

D_{silo} = diameter van de silo

D_m = maximumdiepte boring

F = inbeddingsdiepte onder ontgravingsniveau

h = hoogte ophoging / diepte ontgraving

H_w = hoogte grondwater boven ontgravingsniveau

N = huidig maaiveldniveau - aanleg-/ontgravingsniveau

FUNDERING OP PALEN		NEN 9997-1:2016/C2:2017 NL+C2						
Type constructie	Minimum aantal sonderingen	Maximum afstand X_{max}	Minimum diepte sonderingen	Minimum aantal ^{bc} boringen	Onderzoekpunten ^a Minimum aantal en klasse ongeroerde grondmonsters per cohesieve grondlaag	Minimum aantal en klasse (on)geroerde grondmonsters per niet cohesieve grondlaag	Aspecten / opmerkingen	Verwijzingen
	[-]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	
Lage constructies	2	25 ^c	PPN + max(4*D _b ; 1*b _g ; 5)	(1)	0	0	Negatieve kleeft	
Hoge constructies	4 - 10 verdiepingen			(1)				
	11-20 verdiepingen			1	1 QM3 (QM2)			
>20 verdiepingen	1							
Brugpijlers en landhoofden	2	15		1				
Hoogspanningsmasten	per mast	15		1	2 QM2	0	Negatieve kleeft, horizontale belastingen	Tennet richtlijnen
Windturbines (op land)	per locatie			1				
Silo's en tanks		4		1			Negatieve kleeft	EEMUA 183, PGS 29:2016
Openbare wegen, parkeerterreinen en verhardingen	paalmatras	2	40	(1)	1 QM3 (QM2)	1 QM4		

Index
 a) waar geen afstand of aantal locaties zijn gegeven dient dit te worden gebaseerd op project specifieke basis
 b) waarden tussen haakjes voor het aantal boringen zijn afhankelijk van het project en de keuze van de ontwerper. Indien geen boring wordt uitgevoerd waarbij niet de benodigde parameters zijn bepaald dienen de ongunstigste waarden voor het ontwerp te worden gehanteerd zoals vermeld in tabel 2.b. Hierbij dient de bodemopbouw niet enkel uit de sonderingen te zijn afgeleid echter op **nabijgelegen representatief** onderzoek met informatie over de classificatie en bij voorkeur volumieke gewichten van de betreffende grondlagen.
 c) indien grondwaterstand binnen 3 m- maaiveld, minimaal 1 boring afwerken met een peilbuis om de grondwaterstand te kunnen peilen

b_g = kleinste zijde van de paalgroep

D_b = equivalente paalvoetdiameter

PPN = paalpuntniveau

LABORATORIUMONDERZOEK					Verwijzingen
Type constructie		Type proeven [-]	Te bepalen parameters [-]	Aspecten / opmerkingen [-]	
Lage constructies		(VG)	γ, γ_{sat}	Zettingen / negatieve kleeft	
Hoge constructies	4 - 10 verdiepingen	(VG)	γ, γ_{sat}	Negatieve kleeft	
	11-20 verdiepingen	VG, (SA)	$\gamma, \gamma_{sat}, CR, RR, C_a, C_v$	Negatieve kleeft	
	>20 verdiepingen	VG, (SA)	$\gamma, \gamma_{sat}, CR, RR, C_a, C_v$	Negatieve kleeft, horizontale belastingen	
Openbare wegen, parkeerterreinen en verhardingen	aardenbanen	KGV, (VG), (SA)	$\gamma, \gamma_{sat}, CR, RR, C_a, C_v$	Zettingen en stabiliteit	EEMUA 183, PGS 29:2016
Silo's en tanks		VG, TA, SA	$\gamma, \gamma_{sat}, \varphi, c, CR, RR, C_a, C_v$	Zettingen en (stabiliteit), draagkracht	
Brugpijlers en landhoofden		VG, (TA), (SA)	$\gamma, \gamma_{sat}, \varphi, c, CR, RR, C_a, C_v$	Negatieve kleeft, horizontale belastingen, zettingen, stabiliteit	
Hoogspanningsmasten	per mast	VG, TA, (SA)	$\gamma, \gamma_{sat}, \varphi, c, CR, RR, C_a, C_v$	Negatieve kleeft, horizontale belastingen	Tennet richtlijnen
Wind turbines	per locatie	VG, TA, (SA)	$\gamma, \gamma_{sat}, \varphi, c, CR, RR, C_a, C_v$	Negatieve kleeft, horizontale belastingen	
Keerconstructies		VG, TA, (SA)	$\gamma, \gamma_{sat}, \varphi, c, CR, RR, C_a, C_v$	Stabiliteit	
Beschoeiingen	keerhoogte < 3 m	VG, (TA), (SA)	$\gamma, \gamma_{sat}, \varphi, c, CR, RR, C_a, C_v$	Stabiliteit	
Kadeconstructies	keerhoogte > 3m	VG, TA, (SA)	$\gamma, \gamma_{sat}, \varphi, c, CR, RR, C_a, C_v$	Stabiliteit	
Taluds en ontgravingen	< 3 m hoogte/diepte	VG, (TA), (SA)	$\gamma, \gamma_{sat}, \varphi, c, CR, RR, C_a, C_v$	Stabiliteit	
	≥ 3 m hoogte/diepte	VG, TA, (SA)	$\gamma, \gamma_{sat}, \varphi, c, CR, RR, C_a, C_v$	Stabiliteit	
Ophogingen en gewapende grond constructies	< 3 m hoogte/diepte	VG, (TA), (SA)	$\gamma, \gamma_{sat}, \varphi, c, CR, RR, C_a, C_v$	Stabiliteit	
	≥ 3 m hoogte/diepte	VG, TA, SA	$\gamma, \gamma_{sat}, \varphi, c, CR, RR, C_a, C_v$	Stabiliteit, zettingen	
Ontgravingen in bebouwd gebied met een diepte van > 5 m beneden maaiveld		KGV, VG, TA, (SA)	$\gamma, \gamma_{sat}, \varphi, c, CR, RR, C_a, C_v$	Stabiliteit, zettingen	
Waterkeringen (grondlichaam)	grondlichaam	KGV, VG, TA, (SA)	$\gamma, \gamma_{sat}, \varphi, c, CR, RR, C_a, C_v$	Stabiliteit, zettingen	Vinproeven, minimaal 8 sterkteproeven per laag, erosieklasse klei
Gestuurde boringen		KGV, (VG)		Bodemopbouw	SIKB-protocol xxx
Kabels en leidingen (ontgravingen)				Opbarsten, warmtetransport, stabiliteit	Gasunie?

Onderstaand is in tabelvorm de benadering van de bepaling van het benodigde onderzoek volgens het document "Standaardprocedures voor geotechnisch onderzoek:

SONDERINGEN; deel 2" d.d. 27-4-2017

Geotechnische categorie	Aantal proeven	Diepte proeven
GC1		
Enkel kleine en relatief eenvoudige constructies, met verwaarloosbaar risico	Voor GC1 kan het grondonderzoek worden beperkt tot een inspectie van het terrein, consulteren van kwalitatieve info over grondgesteldheid, en waar van toepassing beschrijving van de grond bij ontgravingen.	-
GC2A		
Gebouwen met maximum 3 bouwlagen (exclusief kelder verdieping), een maximale uitgraving diepte van 2,8m, en een bebouwde oppervlakte < 250 m ² ,	Minimaal 3 sonderingen per bouweenheid; voor aansluitend bouwprojecten kan hiervan afgeweken worden met een minimum van 1 sondering per 100m ²	Indien geen specifieke gegevens beschikbaar zijn worden de sonderingen tot een minimale capaciteit van 100 kN uitgevoerd of tot een diepte van minimaal 10m indien niet eerder een totale indringingskracht van 100 kN wordt bereikt. Indien dieper samendrukbare lagen 200kN. Eventueel doorboren harde formaties en verder sonderen of onderzoek d.m.v. pressiometerproeven.
GC2B		
Projecten van gemiddelde en grote omvang en/of grote belasting. Gebouwen die niet onder GC2A vallen	Voor constructies wordt standaard 1 sondering per 300 m ² voorzien, met een minimum van 3. Voor sterk heterogene gronden (bv. quartaire afzettingen tot grote diepte) kan het aangewezen zijn om de sondeerdensiteit te verhogen tot 1 per 150 m ² .	Indien geen specifieke gegevens beschikbaar zijn worden de sonderingen tot een minimale capaciteit van 200 kN uitgevoerd of tot een diepte van minimaal 10m indien niet eerder een totale indringingskracht van 200 kN wordt bereikt. Grotere diepte d.m.v. pressiometerproeven
Lineaire structuren: ophogingen	Standaard sonderingen om de 50m; Voor zeer homogene gronden (bv. gedocumenteerde tertiaire lagen zonder anomalieën, discontinuïteiten) kan de sondeerdensiteit mits gefundeerde motivering gereduceerd worden tot 1 per 100 m. Verder minimaal wordt 1 boring per kenmerkend grondprofiel voorzien om de 300m	Elektrische sonderingen CPT tot een diepte van 1,5 x H (hoogte ophoging), met een minimum van 10m. Indien op beperkte diepte harde formaties voorkomen (bv. rots) kan het grondonderzoek dmv sonderingen aangevuld of vervangen worden door boringen, pressiometerproeven
Lineaire structuren: uitgravingen onder talud	Standaard sonderingen om de 50m. Voor zeer homogene gronden eventueel gereduceerd tot 1 per 100 m en minimaal wordt 1 boring met peilbuis per kenmerkend grondprofiel voorzien om de 300m	Elektrische sonderingen CPT tot een diepte van 2,0 x H (hoogte ophoging), met een minimum van 10m. Indien op beperkte diepte harde formaties voorkomen (bv. rots) kan het grondonderzoek dmv sonderingen aangevuld of vervangen worden door boringen, pressiometerproeven
Lineaire structuren: collectoren en leidingen	Standaard worden sonderingen om de 100m voorzien. Bij sterk samendrukbare grond of gebouwen binnen 2 x sleufdiepte om de 50 m. Minimaal wordt 1 boring per kenmerkend grondprofiel voorzien om de 300m en per 2 boringen 1 peilbuis.	Elektrische sonderingen CPT Sonderingen tot een diepte van 2 x H (H is diepte collector, leiding), met een minimum van 10m. Indien op beperkte diepte harde formaties voorkomen (bv. rots) kan het grondonderzoek dmv sonderingen aangevuld of vervangen worden door boringen, pressiometerproeven
Lineaire structuren: onderdoorgangen	Standaard sonderingen om de 50m, met een minimum van 2. Ter hoogte van de pompkelder wordt een extra sondering voorzien. Minimaal worden 2 boringen met peilbuis voorzien: 1 ter hoogte van een van de in-/uitritten en 1 in ter hoogte van het diepste punt van de onderdoorgang	Elektrische sonderingen CPT Sonderingen tot een diepte van 2 x D (diepte onderdoorgang), met een minimum van 10m. Indien op beperkte diepte harde formaties voorkomen (bv. rots) kan het grondonderzoek dmv sonderingen aangevuld of vervangen worden door boringen, pressiometerproeven
Lineaire structuren: gestuurde boringen	Minimaal worden 2 sonderingen uitgevoerd (ter hoogte van intrede- en uitredepunt van de gestuurde borin. Meer sonderingen en boring(en) ter beoordeling van geotechnische deskundige.	Elektrische sonderingen CPT Sonderingen tot een diepte van minimaal 5m beneden het diepste punt van de gestuurde boring, met een minimum van 10m. Indien op beperkte diepte harde formaties voorkomen (bv. rots) kan het grondonderzoek dmv sonderingen aangevuld of vervangen worden door boringen, pressiometerproeven
Lineaire structuren: tunnels	zie ongeveer onderdoorgangen.	zie ongeveer onderdoorgangen.
Lineaire structuren: kaaimuren	Standaard sonderingen om de 50m, met een minimum van 2 en minimaal 1 boring met peilbuis per kenmerkend grondprofiel om de 200m	Elektrische sonderingen CPT Sonderingen tot een diepte van 2 x H (te keren hoogte), met een minimum van 20m. Indien op beperkte diepte harde formaties voorkomen (bv. rots) kan het grondonderzoek dmv sonderingen aangevuld of vervangen worden door boringen, pressiometerproeven
Beschoeiingen	Voor lineaire beschoeiingen standaard sonderingen om de 50m; voor zeer homogene gronden 100m. Minimaal 1 boring peilbuis per kenmerkend grondprofiel voorzien om de 200m	Elektrische sonderingen CPT Sonderingen tot een diepte van 2 x H (te keren hoogte), met een minimum van 20m. Indien op beperkte diepte harde formaties voorkomen (bv. rots) kan het grondonderzoek dmv sonderingen aangevuld of vervangen worden door boringen, pressiometerproeven
Bruggen	Zie BGGG - grondonderzoek - algemeen- 14/07/2016	Zie BGGG - grondonderzoek - algemeen- 14/07/2016
Bemalingen	Zie BGGG - grondonderzoek - algemeen- 14/07/2016	Zie BGGG - grondonderzoek - algemeen- 14/07/2016
GC3		
GC3 omvat alle geotechnische constructies die niet behoren tot GC1 of GC2	Wordt niet omschreven in het document	Wordt niet omschreven in het document
grote of ongewone constructies	-	-
constructies met abnormale risico's of ongebruikelijke of buitengewoon moeilijke grondgesteldheid of belastingen	-	-
constructies in sterk aardbevingsgevoelige gebieden	-	-
constructies in gebieden met onstabiele ondergrond of met continue bodembewegingen en waarvoor afzonderlijk onderzoek of speciale maatregelen nodig zijn	-	-
Near shore constructies	-	-

Onderdeel	Type proef	Diepte	Afstanden	Opmerkingen
GC 1: eenvoudige constructies	Inspectie terrein, info over bodemgesteldheid,	nvt	nvt	Geld voor kleine en relatief eenvoudige constructies, met verwaarloosbaar risico
GC2A: gebouwen	Sonderingen b.v.k. elektrisch; evt. aanvullen met boringen	Indien geen specifieke gegevens: min. cap. 100 kN en/of 10 m	Sonderingen minimaal 3 per bouweenheid; aansluitende bouwprojecten minimaal 1 / 100 m ²	Gebouwen met maximum 3 bouwlagen (exclusief kelder verdieping), een maximale uitgraving diepte van 2,8m, en een bebouwde oppervlakte < 250 m ²
GC2B: lineaire structuren - ophogingen	Elektrische sonderingen CPT	1,5 x H, > 10 m	50 m; zeer homogene gronden evt. 100 m.	ophogingen groter dan 10m behoren tot GC3 en kleiner dan 2m tot GC1. H = hoogte ophoging
	Minimaal 1 boring per kenmerkend grondprofiel	a.h.v. sonderingen	minimaal 1 boring / 300 m	
GC2B: lineaire structuren - uitgravingen onder talud	Elektrische sonderingen CPT	2 x H, > 10 m	50 m; zeer homogene gronden evt. 100 m.	H = diepte uitgraving
	Boringen minimaal 1 per kenmerkend grondprofiel	a.h.v. sonderingen	minimaal 1 boring / 300 m	
	Peilbuis; per boring 1 peilbuis		minimaal 1 peilbuis / 300 m	
GC2B: lineaire structuren - collectoren en leidingen	Elektrische sonderingen CPT; zeer homogene gronden	2 x H, > 10 m	100 m	H = diepte leiding
	Sonderingen; samendrukbare gronden of gebouwen op minder dan 2 x H	2 x H, > 10 m	50 m	
	Boringen minimaal 1 per kenmerkend grondprofiel		300 m	
	Peilbuis; per 2 boringen 1 peilbuis			
GC2B: lineaire structuren - onderdoorgangen	Sonderingen; aantal > 2. Ter hoogte van pompkelder 1 extra	2 x D, > 10 m	50 m	
	Boringen minimaal 1 per kenmerkend grondprofiel		200 m	
	Peilbuis; per 2 boringen 1 peilbuis		200 m	
GC2B: lineaire structuren - gestuurde boringen	Sonderingen; aantal minimaal 2 thv intrede- en uitredepunt. Afstanden > 60 m of d > 600 mm aantal te bepalen door geotechnische deskundige.	2 x H + 5 m, > 10 m	< 60 m	
	Boringen; aantal afhankelijk van sondeerresultaten			
	Peilbuis; per boring 1 peilbuis		200 m	
GC2B: lineaire structuren - tunnels	Sonderingen; aantal > 2. Ter hoogte van pompkelder 1 extra	2 x D, > 10 m	50 m; zeer homogene gronden evt. 100 m.	
	Boringen minimaal 1 t.h.v. in-/uitritten en 1 t.h.v. diepste punt	a.h.v. sonderingen		
	Peilbuis; per boring 1 peilbuis; staat niet in document		200 m	
GC2B: lineaire structuren - kaaimuren	Sonderingen; H = kerende hoogte	2 x H, > 20 m	50 m	kaaimuren met te keren hoogte groter dan 15m behoren tot GC3
	Boringen minimaal 1 per kenmerkend grondprofiel	a.h.v. sonderingen	200 m	
	Peilbuis; per boring 1 peilbuis		200 m	
GC2B: beschoeiingen	Sonderingen; H = kerende hoogte	2 x H, > 10 m	50 m; zeer homogene gronden evt. 100 m.	
	Boringen minimaal 1 per kenmerkend grondprofiel	a.h.v. sonderingen	200 m	
	Peilbuis; per boring 1 peilbuis		200 m	
GC2B: bruggen	Sonderingen b.v.k. 2 per steunpunt; minimaal 1	O.b.v. constructie / bodemgesteldheid		
	Boringen niet vereist; beweegbare brug bij kelderhoofd 1 boring	a.h.v. sonderingen		
	Peilbuis; per boring 1 peilbuis			
GC2B: bemalingen	minimaal 1 peilbuis / watervoerende laag	diepte watervoerende laag	niet gespecificeerd	Bemaling categorie 0
	lineaire bemalingen min. 1 peilbuis / watervoerende laag	diepte(n) watervoerende la(a)g(en)	iedere 200 m	
	2D bemalingen min. 1 peilbuis / watervoerende laag	diepte(n) watervoerende la(a)g(en)	min. 1 peilbuis / watervoerende laag / 2000 m ²	Bemaling categorie 1
	Peilbuizen o.b.v. voorstudie ontwerper	diepte(n) watervoerende la(a)g(en)	Aantal peilbuizen o.b.v. voorstudie ontwerper	Bemaling categorie 2
	Peilbuizen o.b.v. voorstudie ontwerper	diepte(n) watervoerende la(a)g(en)	aantal peilbuizen > bemaling categorie 2	Bemaling categorie 3

GC2B: lineaire structuren - ophogingen			GC2B: lineaire structuren - uitgravingen onder talud			ophogingen groter dan 10m behoren tot GC3 en kleiner dan 2m tot GC1			GC2B: lineaire structuren – tunnels			GC2B: beschoeiingen		
Hoogte ophoging		Score	Diepte uitgraving		Score	Diepte tunnel		Score	Te keren hoogte		Score			
2 - 5m		1	<2m		0	<2m		0	<2m		0			
Tussen 5 en 10m		2	<=5m		1	<=5m		1	<=5m		1			
			Tussen 5 en 10m		2	Tussen 5 en 10m		2	Tussen 5 en 10/15m*		2			
Grondlagenopbouw op basis van desk studie			Grondlagenopbouw op basis van deskstudie			Grondlagenopbouw			Grondlagenopbouw					
Homogene laagopbouw zonder vermoeden van voorkomen van veen, slappe lagen en aanvullingen		1	Homogene laagopbouw zonder vermoeden van voorkomen van veen, slappe lagen en aanvullingen		1	Homogene laagopbouw zonder vermoeden van voorkomen van veen, slappe lagen en aanvullingen		1	Homogene laagopbouw zonder vermoeden van voorkomen van veen, slappe lagen en aanvullingen		1			
Heterogene laagopbouw zonder vermoeden van voorkomen van veen, slappe lagen en aanvullingen		2	Heterogene laagopbouw zonder vermoeden van voorkomen van veen, slappe lagen en aanvullingen		2	Heterogene laagopbouw zonder vermoeden van voorkomen van veen, slappe lagen en aanvullingen		2	Heterogene laagopbouw zonder vermoeden van voorkomen van veen, slappe lagen en aanvullingen		2			
Heterogene laagopbouw met vermoeden van voorkomen van slappe kleilagen, veen of aanvullingen / of lagenopbouw niet gekend		3	Heterogene laagopbouw met vermoeden van voorkomen van slappe kleilagen, veen of aanvullingen / of geen lagenopbouw gekend		3	Heterogene laagopbouw met vermoeden van voorkomen van slappe kleilagen, veen of aanvullingen / of lagenopbouw niet gekend		3	Heterogene laagopbouw met vermoeden van voorkomen van slappe kleilagen, veen of aanvullingen / of lagenopbouw niet gekend		3			
Zettingsgevoeligheid* ophoging			Zettingsgevoeligheid* tunnel			Zettingsgevoeligheid* constructies			Zettingsgevoeligheid* constructies					
Niet zettingsgevoelig		0				Niet zettingsgevoelig		0						
zettingsgevoelig		2				Zettingsgevoelig		2						
Afstand tot zettingsgevoelige constructies*			Afstand tot zettingsgevoelige* constructies			Afstand tot zettingsgevoelige* constructies			Afstand tot zettingsgevoelige constructies					
<5m		3	<5m		3	<5m		3	<5m		3			
5-10m		2	5-10m		2	5-10m		2	5-10m		2			
10-20m		1	10-20m		1	10-20m		1	10-20m		1			
>20m		0	>20m		0	>20m		0	>20m		0			
Categorie	Type proeven		Categorie	Type proeven		Categorie	Type proeven		Categorie	Type proeven				
Categorie 1	Sonderingen/dynamische sonderingen	< 4 punten	Categorie 1	Sonderingen + boringen + peilbuis/piëzometer	< 4 punten	Categorie 1	sonderingen	< 4 punten	Categorie 1	Sonderingen	< 4 punten			
Categorie 2	sonderingen + boringen	≥ 4 punten en < 8 punten	Categorie 2	sonderingen + boringen + peilbuis/piëzometer + labo (onderkenningsproeven, samendrukkingsproeven, triaxiaalproeven)	≥ 4 punten	Categorie 2	Sonderingen + boringen + peilbuis/piëzometer	≥ 4 punten en < 6 punten	Categorie 2	Sonderingen + boringen + peilbuis/piëzometer	≥ 4 punten en < 6 punten			
Categorie 3	sonderingen + boringen + labo (onderkenningsproeven, samendrukkingsproeven, triaxiaalproeven ...)	≥ 8 punten				Categorie 3	Sonderingen + boringen + peilbuis/piëzometer + labo (onderkennings-samendrukkings- en triaxiaalproeven)	≥ 8 punten	Categorie 3	Sonderingen + boringen + peilbuis/piëzometer + labo (onderkennings- samendrukkings- en triaxiaalproeven)	≥ 6 punten			

Vereniging
 Ondernemers
 Technisch
 Bodemonderzoek

Bijlage 7.

Aanbevelingen voor de afstand en diepte van onderzoeken vanuit prEN 1997-2:2006 (E) Bijlage 9.

Voorbeelden van aanbevelingen voor de afstand en diepte van onderzoeken vanuit prEN 1997-2:2006 (E)

(1) De volgende afstanden tussen de onderzoekspunten dienen als richtlijn:

- voor hoogbouw en industriële constructies, een rasterpatroon met punten op 15 tot 40 m afstand;
- voor grote constructies, een rasterpatroon met punten op maximaal 60 m afstand;
- voor lineaire constructies (wegen, spoorwegen, kanalen, pijpleidingen, dijken, tunnels, keermuren), een afstand van 20 m tot 200 m;
- voor speciale structuren (bv. bruggen, schoorstenen, machinefunderingen), twee tot zes onderzoekspunten per fundering;
- voor dammen en stuwen, 25 m tot 75 m afstand, langs verticale secties

(2) Voor de onderzoeksdiepte z_a moeten de volgende waarden als richtlijn worden gebruikt. (Het referentieniveau voor z_a is het laagste punt van de fundering van de constructie of het constructieonderdeel, of de bodem van de uitgraving). Als er meer dan één alternatief is gespecificeerd voor het vaststellen van z_a , moet het alternatief worden toegepast dat de grootste waarde oplevert.

OPMERKING Voor zeer grote of zeer complexe projecten moeten sommige onderzoekspunten zich uitstrekken tot grotere diepten dan gespecificeerd onder B.3 (5) tot B.3 (13).

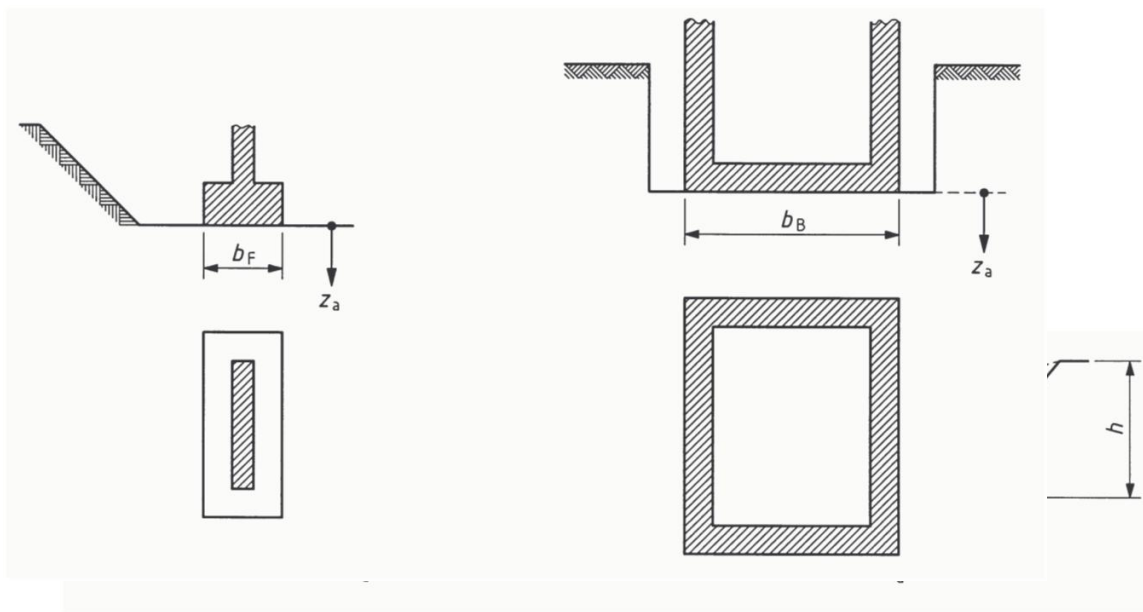
(3) Grotere onderzoeksdiepten moeten altijd worden gekozen wanneer ongunstige geologische omstandigheden, zoals zwakke of samendrukbare lagen onder lagen met een hogere draagkracht, worden verondersteld.

(4) Indien constructies onder B.3 (5) tot en met B.3 (8) en B.3 (13) worden gebouwd op draagkrachtige lagen, kan de onderzoeksdiepte worden teruggebracht tot $z_a = 2$ m, tenzij de geologie onduidelijk is, in welk geval ten minste één boring dient te worden uitgevoerd tot minimaal $z_a = 5$ m. Als een vaste rotsformatie wordt aangetroffen op het geplande aanlegniveau van de constructie, dan dient dit als referentieniveau voor z_a te worden aangehouden. Anders verwijst z_a naar het oppervlak van de “bedrock” formatie (draagkrachtige laag).

(5) Voor hoogbouw en civieltechnische projecten moet de grootste waarde van de volgende voorwaarden worden toegepast (zie figuur B.1 a)):

- $z_a \geq 6 \text{ m}$
- $z_a \geq 3,0 b_F$

waarin b_F de kleinste breedte van de fundering betreft.



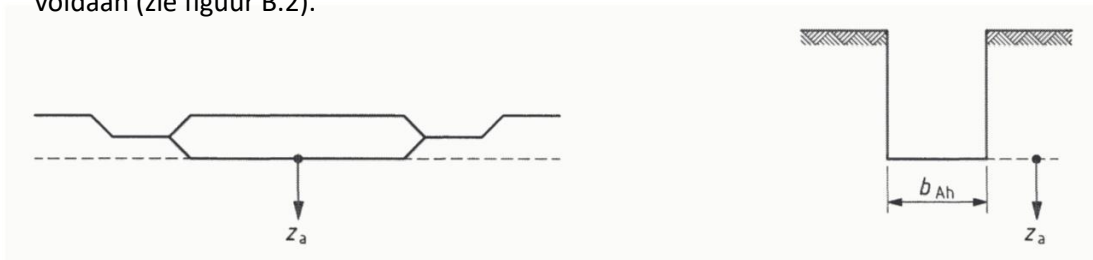
Figuur B.1

a) Fundering

b) Constructie

Hoogbouw en civieltechnische projecten

(7) Bij taluds en uitgravingen moet aan de grootste waarde van de volgende voorwaarden worden voldaan (zie figuur B.2).



Figuur B.2 a) Aardenbaan

b) Ontgraving

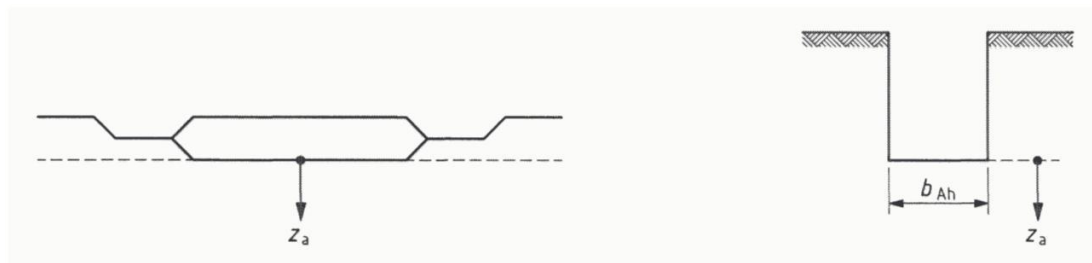
Ophogingen en ontgravingen

- a. Voor dammen
- $0,8 \cdot h < z_a < 1,2 \cdot h$
 - $z_a \geq 6 \text{ m}$

Waarin h is hoogte van de aardenbaan

- b. Voor ingravingen
- $z_a \geq 2 \text{ m}$
 - $z_a \geq 0,4 \cdot h$

(8) Bij lineaire constructies moet aan de grootste waarde van de volgende voorwaarden worden voldaan (zie Figuur B.3):



Figuur B.3 a) Wegconstructie

b) Sleuf

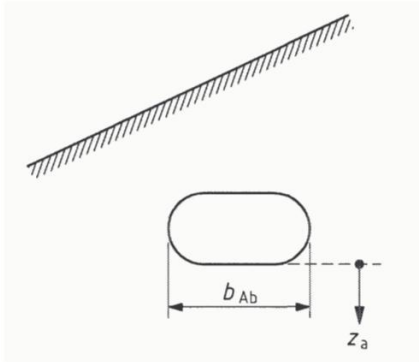
Lineaire constructies

- a. Voor wegen en vliegvelden
- $z_a \geq 2 \text{ m}$ beneden het geplande aanlegniveau
 - $z_a \geq 0,4 \cdot h$
- b. Voor sleuven en pijpleidingen, de grootste waarde van:
- $z_a \geq 2 \text{ m}$ beneden het aanlegniveau
 - $z_a \geq 1,5 \cdot b_{Ah}$
- c. Waar toepassing moeten de aanbevelingen voor taluds en ontgravingen worden opgevolgd.
- (9) Voor kleine tunnels en ondergrondse ruimten, (zie figuur B.4):

$$b_{Ab} < z_a < 2,0 \cdot b_{Ab}$$

waarin b_{Ab} is de breedte van de ontgraving.

Er moet ook rekening worden gehouden met de grondwatercondities zoals beschreven in (10) b)



Figuur B.4 Tunnels en ondergrondse ruimten

(10) Ontgravingen (zie Figuur B.5)

a. Waar de stijghoogte en de grondwaterspiegel zich onder de ontgravingsniveau bevinden, moet aan de grootste waarde van de volgende voorwaarden worden voldaan:

- $z_a \geq 0,4 \cdot h$
- $z_a \geq (t + 2,0) \text{ m}$

waarin:

t is de inbeddingsdiepte onder het ontgravingsniveau

h is de ontgravingsdiepte

b. Waar de stijghoogten en de grondwaterspiegel zich boven de ontgravingsniveau bevinden, moet aan de grootste waarde van de volgende omstandigheden worden voldaan:

- $z_a \geq (1,0 \cdot H + 2,0) \text{ m}$
- $z_a \geq (t + 2,0) \text{ m}$

waarin:

H is de hoogte van het grondwaterniveau boven het ontgravingsniveau; en

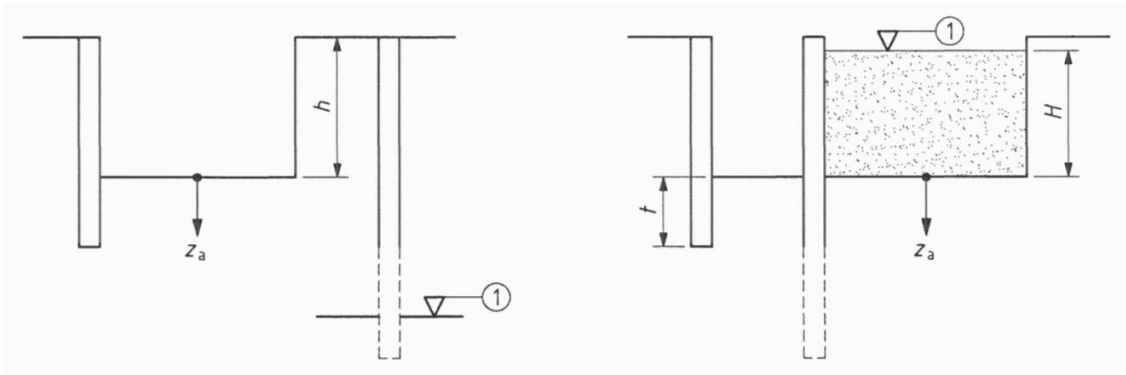
t is de inbeddingsdiepte onder het ontgravingsniveau

indien geen slecht doorlatende grondlaag wordt aangetroffen tot aan deze diepten:

$$z_a \geq (t + 5,0) \text{ m}$$

legenda:

1 grondwaterniveau

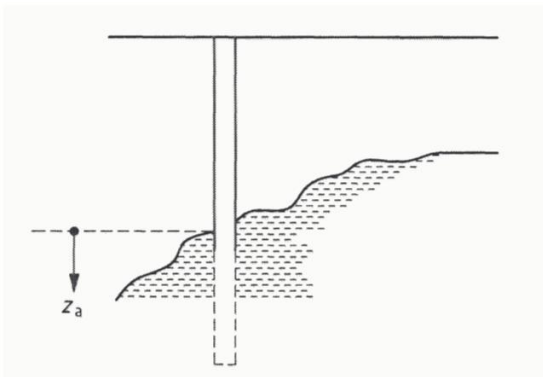


Figuur B.5 Ontgravingen

(11) Voor waterkerende constructies moet z_a worden gespecificeerd als functie van de waterkerende hoogte, de hydro(geo)logische omstandigheden en de bouwmethode.

(12) Voor scheidingswanden (zie figuur B.6):

- $z_a \geq 2,0 \text{ m}$ beneden de bovenkant van de ondoorlatende laag



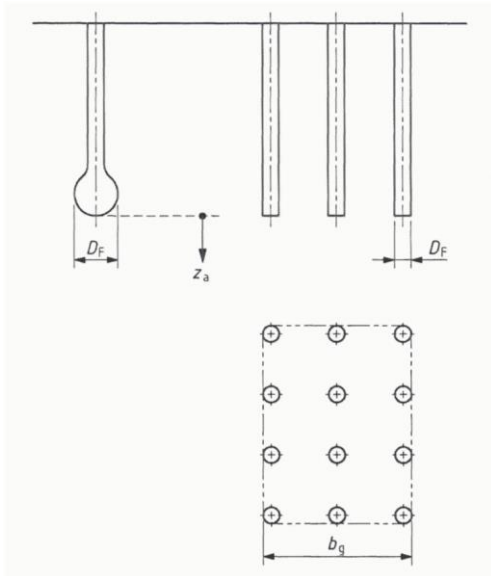
Figuur B.6 Scheidingswand

(13) Voor palen (zie Figuur B.7) moet aan de volgende drie voorwaarden worden voldaan:

- $z_a \geq 1,0 \cdot b_g$
- $z_a \geq 5,0 \text{ m}$
- $z_a \geq 3,0 \cdot D_F$

waarin:

D_f de diameter van de paalvoet
 b_g de kleinste zijde van de omschreven rechthoek van de paalgroep palen ter hoogte van de paalgroep



Figuur B.7 Paalgroepen

Vanuit prEN 1997-3:202x (E)

Paragraaf 6.2.7.2 Minimum omvang van het veldonderzoek

De minimale diepte van het veldonderzoek onder de verwachte basis van een paalfundering

d_{\min} in grond of zeer zwakke en zwakke rotsmassa moet worden bepaald met formule 6.1:

$$d_{\min} = \max(5 \text{ m}; 3 \cdot B_{b,\text{eq}}; p_{\text{groep}}) \quad (6.1)$$

waarin

- $B_{b,\text{eq}}$ de equivalente grootte van de paalvoet is, gelijk aan B_b (voor vierkante palen), D_b (voor ronde palen), of p_b/π (voor andere palen);
- B_b is de voetbreedte van de paal met de grootste basis (voor vierkante palen);
- D_b de voetdiameter van de paal met de grootste voet (voor ronde palen);
- p_b de basisomtrek van de paal met het grootste grondvlak (voor andere palen);
- p_{groep} de kleinste afmeting van een omhullende die de paalgroep palen omhult die de fundering vormt, beperkt tot de diepte van de invloedzone.

Er wordt in EN 1997-3 ook verwezen naar EN 1997-1, 4.2.2.1

Vanuit prEN 1997-2

Richtlijnen voor de minimale diepte d_{min} van grondonderzoek worden gegeven in prEN 1997-3 voor de specifieke constructies.

De waarde van d_{min} moet worden vergroot in geval van ongunstige bodemomstandigheden.

(4) De waarde van d_{min} in draagkrachtige lagen kan worden verminderd indien deze een beperking zijn het invloedsgebied en als er voldoende vergelijkbare ervaring zijn met de eigenschappen van de draagkrachtige lagen.

TG C2 Richtlijn - globaal; ruwe uitgave versie 3.0 (Report: TG C2 Guideline - light - version 3.0 05/11/2022)

Het grondonderzoeksrapport (GIR), met grondmodelillustratie (GM), moet worden beschouwd als de feitelijke gegevensbron voor de bodeminformatie van de locatie. Het grondmodel omvat, maar is niet beperkt tot, de volgende componenten binnen de invloedszone:

- vast gesteente (draagkrachtige laag) en structurele geologie
- oppervlakkige geologie en geomorfologie
- seismiciteit
- hydrogeologische omstandigheden
- geotechnische en geochemische omstandigheden

Er moet een voorlopig grondmodel worden ontwikkeld met behulp van bestaande geologische kaarten, eerdere onderzoeken, rapporten, satellietbeelden, fotogrammetrische en/of LiDAR-gegevens, verkenning van de locatie en overweging van de mogelijke geologische geschiedenis en geomorfologie van de locatie.

Omdat het programma voor locatieonderzoek zich moet richten op het voorlopige grondmodel, mag het onderzoek niet beginnen voordat het voorlopige grondmodel is ontwikkeld.

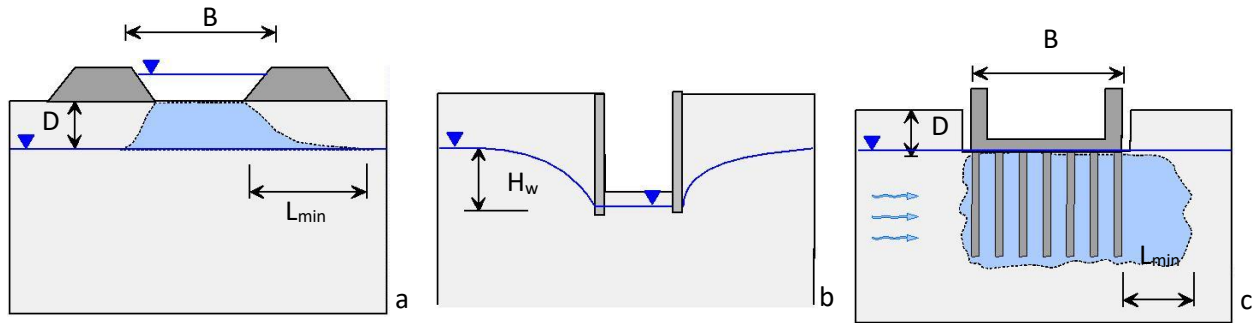
Het grondmodel is een grafisch/schematisch hulpmiddel en proces om de kennis van de hydro-mechanische eigenschappen van de invloedszone van de constructie te vergroten en de risico's die verbonden zijn aan de Geotechnische categorie (Figuur 1; GM -> GDM -> GIR en GDR) te bepalen.

In het geval van funderingsconstructies moet de invloedsdiepte ten minste reiken tot de onderkant van de diepste fijne bodemlaag (of laag met een hoge samendrukbaarheid) die consolidatiezakking kan ondergaan. En de invloedszone onder cyclische, dynamische (trillingen) of seismische acties kan aanzienlijk groter zijn dan de invloedszone onder statische belasting.

Trillingen als gevolg van werkzaamheden zoals het heien van damwanden kunnen ook de reikwijdte van de ZOI (invloedszone) beïnvloeden.

In het geval van interactie van de geplande werken met oppervlaktewater, grondwaterspiegel, kan de ontstane beïnvloedingsgebied zich verder uitstrekken dan de mechanische ZOI.

Deze definitie van ZOI is ook geldig voor geothermische structuren zoals pompen of thermo-actieve palen.



Figuur 7 Reikwijdte van de invloedzone of onderzoek afhankelijk van de constructie

Afhankelijk van de context: landelijk, stedelijk, beschermd natuurgebied, enz.

Meer specifieke richtlijnen over de ZOI voor individuele funderingstypen worden gegeven in EC7-3.

Tabel 4. Voorlopige bijdragen m.b.t. onderzoeksdiepten voor geotechnische constructies zoals gedefinieerd in Eurocode 7 deel 3

Betreffende constructie		Geval	Horizontaal	Verticaal		
				L_{min}	d_{min}	
				GC1	GC2	
Taluds		a		2 m	max (0,4xH; 3 m)	
Ingravingen		b			max (0,4xH; 2 m)	
Ophogingen, dijken		c		2 m	3 max (1,2xH; 1,0XB; 3 m)	1,2xH
Fundering op staal	poeren	d e		2 m	max (3.b _r ; 3 m)	
	stroken	f		2 m	max (3.b _r ; 6 m)	
Paalfundering	Enkele paal	g			max (3.B; 5 m)	
	Paalgroep	h			max (> 1.B; 5 m)	
Keerconstructies	H _w < 0 of D?	i			max (0,4.h ; F+2 m)	
	H _w < 0?	i			max (1,0.H _w + 2 m; F+2 m)	
Verankeringen		j	X m			
Gewapende grondconstructies		k	X m			
Grondversterkende elementen		l				
Grondverbetering		m n				
Grondwater monitoring			X m			
Ondergrondse constructies		o			B	2xB

Bijlage 8.

Nauwkeurigheden sonderingen

Notitie betreft: **Geschiktheid wrijvingsgetal R_f voor bepaling van de grondsoort**

Het wrijvingsgetal wordt de NL praktijk voor diverse doeleinden gebruikt. De belangrijkste is de bepaling van de grondsoort voor zowel 3D ondergrondmodellen als afleiding / bepaling van grondparameters voor samendrukbaarheid, sterkte en elasticiteit constanten. De betrouwbaarheid van de keuze is dan afhankelijk van welke grondsoort wordt afgeleid uit het gevonden wrijvingsgetal. Verder dient bij een dergelijk proces te worden gerealiseerd dat het wrijvingsgetal alleen opgaat voor bodemlagen die zich permanent onder de grondwaterstand hebben bevonden.

Tabel 1. In de praktijk gehanteerde relatie wrijvingsgetal en grondsoort

Wrijvingsgetal R_f in %	Grondsoort
3	(schone) KLEI
4	Klei humeus / Veen kleiig
5	VEEN

Het wrijvingsgetal is natuurlijk sterk afhankelijk van de nauwkeurigheid en kwaliteit van de sondeergegevens en met name de conusweerstand en de plaatselijke wrijvingsweerstand. Afwijkingen hierin, met name in het lage meetgebied van de conusweerstand, worden dan zeer sterk bepalend welke parameters / grondsoorten worden geselecteerd. Afwijkingen van het wrijvingsgetal R_f van 1 a 2% zijn dan van grote invloed op de bepaling van de grondsoort en daarmee de keuze van de parameters in tabel 2.b. Het is derhalve zeer sterk aan te bevelen om niet enkel uit te gaan van sondeergegevens, maar hierbij de grondlagen ook af te leiden uit boorgegevens.

Vanaf begin 90^{er} jaren zijn er normen opgesteld, in eerste instantie NEN, maar later NEN-ISO, om onderscheid te maken in de nauwkeurigheid van de verschillende sondeerparameters.

In NEN 5140 zijn hiertoe als eerste norm (er was een voorganger norm NEN 3610 bedoeld voor mechanisch sonderen) sondeerklassen geïntroduceerd, waarin aan de verschillende sondeerparameters per klasse minimum nauwkeurigheden zijn toegekend. In de latere in Europees / CEN-ISO verband is hieraan een vervolg gegeven dat heeft geresulteerd in NEN-EN-ISO 22476-1-2012.

In de recente update van de laatst genoemde norm NEN-EN-ISO 22476-1-2022 zijn extra eisen en toelaatbare afwijkingen van de verschillende sondeerparameters voor verschillende categorieën sonderingen gegeven. Deze waren ook al in de voorgaande versie vermeld echter nu verder aangevuld met eisen op het gebied van stabiliteit en temperatuurgevoeligheid van sondeerconussen.

Aangezien in de praktijk regelmatig sonderingen worden gebruikt van reeds uitgevoerde onderzoeken in het verleden dient men voor de betrouwbaarheid van de sondeergegevens, waaronder het wrijvingsgetal, zich te realiseren wat de nauwkeurigheid was in de tijd dat de sonderingen waren uitgevoerd.

Onderstaand is een tabel gegeven waarin de toelaatbare onnauwkeurigheden zijn vermeld volgens de destijds geldende normen in vergelijking met de nieuwe NEN-EN-ISO 22476-1:2022. In de oude normen is dit benoemd als (on)nauwkeurigheid terwijl in de nieuwe ISO norm het toelaatbaar 0-puntsverloop is gehanteerd.

Tabel A.1 - Betrouwbaarheidsniveaus van metingen voor de karakterisering van geotechnische eigenschappen afhankelijk van het type conus en de sonderingscategorie volgens NEN-EN-ISO 22476-1:2022

Toepassing	Niveau van vertrouwen	Klasse sondeerconus			
		0	1	2	3
Karakterisering van geotechnische kenmerken van bodemafzettingen met $q_{c,max} \leq 1 \text{ Mpa}$	Hoog	A			
	Gemiddeld	B			
	Laag	C			
Karakterisering van geotechnische kenmerken van bodemafzettingen $1 \text{ MPa} < q_{c,max} \leq 3 \text{ Mpa}$	Hoog	B			
	Gemiddeld	C			
	Laag	D			
Karakterisering van geotechnische kenmerken van bodemafzettingen met $q_{c,max} \leq 1 \text{ Mpa}$	Hoog	Niet aanbevolen	B en C		
	Gemiddeld		D		

OPMERKING A, B, C en D zijn de sonderingscategorieën volgens tabel 3.




Tabel A.2 - Sonderingscategorieën voor CPT/CPTU volgens NEN-EN-ISO 22476-1:2022

Sonderingscategorie	Klasse sondeerconus	Parameter	Referentiewaardecontroles	
			Maximaal toelaatbaar verschil van 0-punten voor en na het sonderen	Maximale variatie in de stabiliteit van de uitvoer
A	0	Conusweerstand	15	1
		Mantelwrijving	5	0,5
		Waterspanning	3	0,5
B	0, 1	Conusweerstand	35	5
		Mantelwrijving	5	1,5
		Waterspanning	10	3
C	0, 1, 2	Conusweerstand	100	11
		Mantelwrijving	15	3
		Waterspanning ^a	25	8
D	0, 1, 2, 3	Conusweerstand	200	33
		Mantelwrijving	25	5
		Waterspanning ^a	50	16

^a Waterspanning is alleen van toepassing op CPTU.

Tabel A.3 Vergelijking nauwkeurigheden oude en nieuwe normen met beoordeling van het betrouwbaarheidsniveau volgens de meest recente norm

Norm	NEN 5140		NEN-EN-ISO 22476-1:2012		NEN-EN-ISO 22476-1:2022		Test categorie	Betrouwbaarheids niveau op basis $q_{c,max}$		
	Klasse	Min. nauwkeurigheid (kPa)	Appl. Class	Min. Nauwkeurigheid (kPa)	Cone class	Max. nulpuntverloop (kPa)		< 1 MPa	1-3 MPa	> 3 MPa
Conus weerstand					0	15	A	Hoog	Hoog	Hoog
Wrijvingsweerstand						5				
Conus weerstand			1	35	1	35	B	Gemiddeld	Hoog	Hoog
Wrijvingsweerstand				5		5				
Conus weerstand	1	50					C	Laag	Gemiddeld	Hoog
Wrijvingsweerstand		10								
Conus weerstand			2	100	2	100	C	Laag	Gemiddeld	Hoog
Wrijvingsweerstand				15		15				
Conus weerstand			3	200	3	200	D	Laag	Laag	Gemiddeld
Wrijvingsweerstand				25		25				
Conus weerstand	2	250					D	Laag	Laag	Gemiddeld
Wrijvingsweerstand		50								
Conus weerstand	3	500	4	500			D	Laag	Laag	Laag
Wrijvingsweerstand		50		50						
Conus weerstand	4	500					D	Laag	Laag	Laag
Wrijvingsweerstand		50								

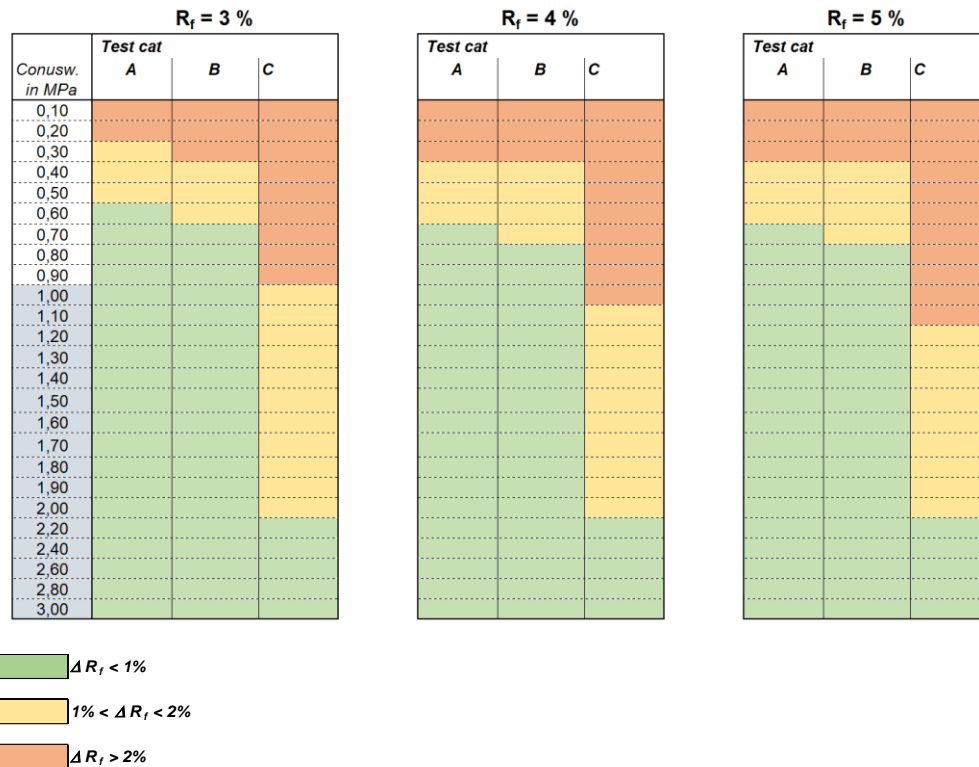
Betrouwbaarheidsniveau
 Hoog
 Gemiddeld
 Laag

VET & CURSIEF = "Standaard Sondering"

Bij het vergelijken van de oude normen met de nieuwe norm valt op dat in laatstgenoemde een extra nauwkeurige categorie is toegevoegd en dat voor 3 meetgebieden een maat van betrouwbaarheid is toegevoegd van de meetgegevens.

De betrouwbaarheid van de meetgegevens is echter geen garantie voor eventueel af te leiden parameters zoals het wrijvingsgetal R_f . Bepaalde afwijkingen hierin kunnen voor de interpretatie naar een grondsoort in aanzienlijke verschuivingen resulteren, zodat eventueel te gebruiken parameters duidelijk verkeerd kunnen worden ingeschat.

Afwijkingen van meer dan 2% in het wrijvingsgetal leiden bijna altijd tot een andere grondsoort met andere eigenschappen. Om inzicht te krijgen in mogelijke afwijkingen van het wrijvingsgetal R_f in de meetgebieden $q_{c,max} < 1$ MPa en 1 MPa $< q_{c,max} < 3$ MPa zijn voor wrijvingsgetallen 3, 4 en 5% de afwijkingen bepaald.



Figuur 8 Overzicht mogelijke afwijkingen in R_f voor 3% (schone) klei, 4% klei humeus / veen klei en 5% veen

Conclusie

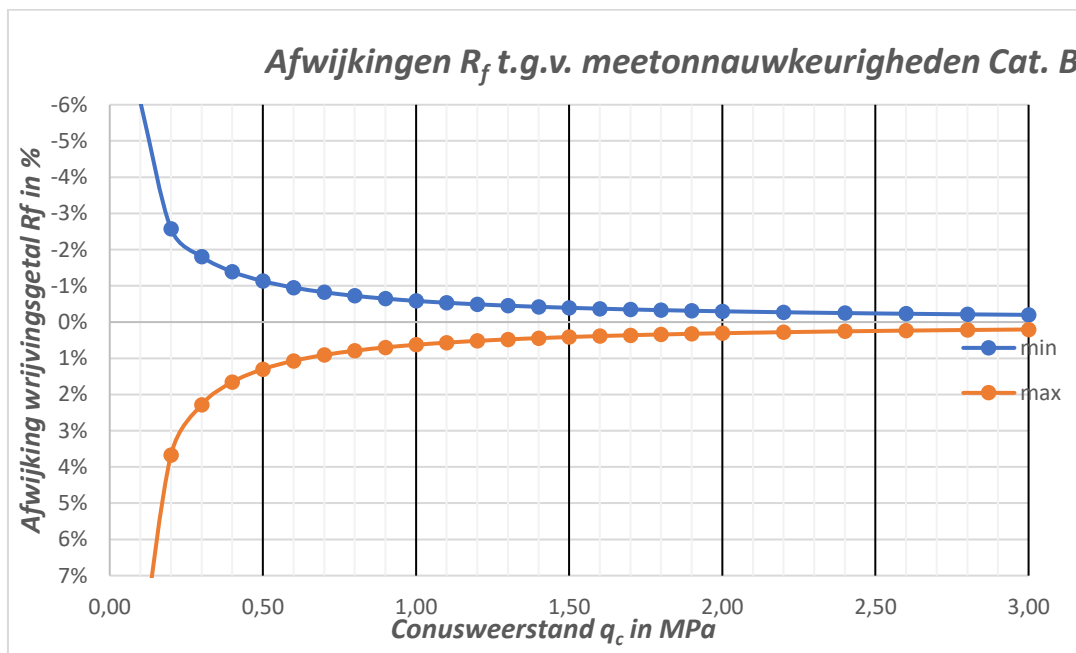
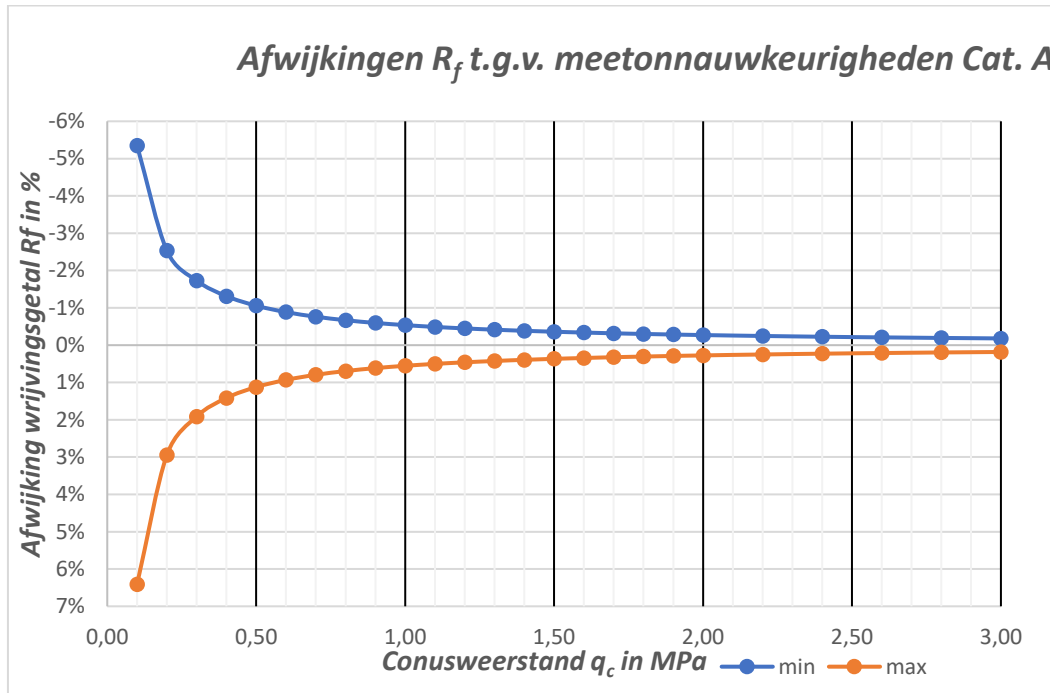
Voor alle categorieën in de nieuwe norm en zelfs de categorie A met de hoogste nauwkeurigheid is de betrouwbaarheid van het wrijvingsgetal R_f in het lage meetgebied van $q_{c,max} < 1$ MPa zeer beperkt. Uit de analyse blijkt dat bij de toegestane afwijkingen zelfs voor de categorie A het wrijvingsgetal $>2\%$ kan afwijken bij een conusweerstand van 0,2 MPa, zodat identificatie van grondsoorten enkel op basis hiervan twijfelachtig is. In NL komen dit soort conusweerstand in ondiepe Holocene pakket standaard voor.

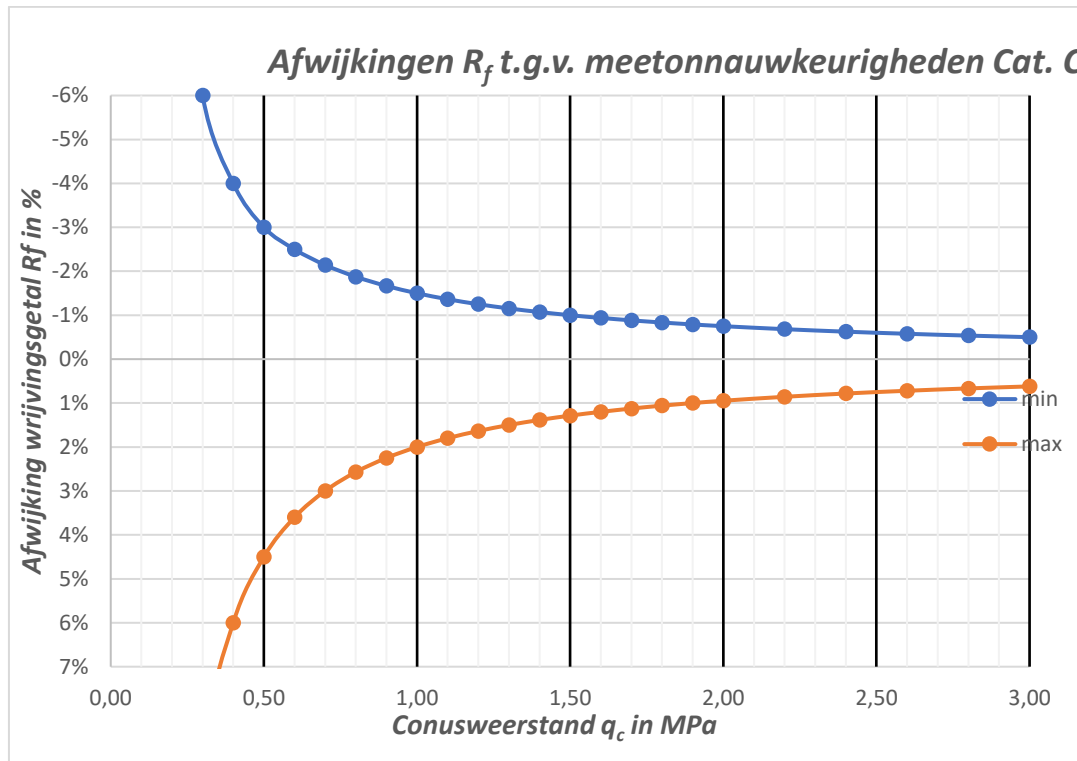
Concreet betekenen afwijkingen van het wrijvingsgetal groter dan 2% een andere grondsoort. Zoals aangegeven in figuur 1 en onderstaande figuur voor Cat. C: zijn de waarden onder $q_c = 1$ MPa onbetrouwbaar. Een $q_c < 1$ MPa betekent volgens tabel 2b, alle slappe grondsoorten zoals: silt slap, schone klei slap / matig, zwak zandige klei slap, sterk zandige klei, organische klei slap matig, veen slap / matig, die in Nederland vrijwel overal en veelvuldig voorkomen. Conform figuur 1 is dit effect groter voor grotere wrijvingsgetallen $R_f = 4, 5\%$, waardoor de betrouwbaarheid voor hogere conusweerstand q_c , en daarmee voor nog meer grondsoorten, laag zal zijn.

Dit betekent dat je voor sondeerweerstand in deze meetrange voor classificatie altijd aanvullende gegevens in de vorm van boorgegevens nodig hebt voor een juiste keuze van parameters uit tabel 2.b.

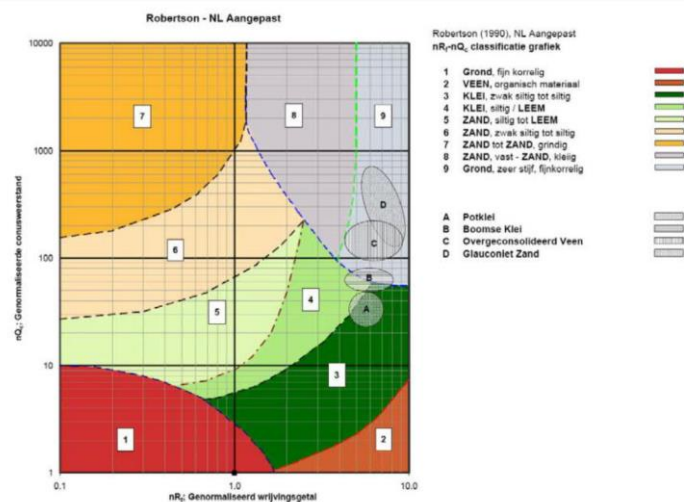
Voor schuifsterkte bepaling op basis van correlaties met de conusweerstand is het betrouwbaarheidsniveau van de verschillende categorieën zoals in de nieuwe norm aangegeven wel een juiste weergave.

De bovenstaande figuur 1 kan ook anders worden weergegeven, waarbij de maximale afwijkingen zijn gekwantificeerd voor een wrijvingsgetal $R_f = 3\%$ voor de verschillende categorieën sonderingen. Voor hogere wrijvingsgetallen blijft het spreidingsgebied hetzelfde echter het gebied schuift iets naar boven.





De categorie C sonderingen volgens de nieuwe norm komen overeen met de Application class 2 sonderingen zoals in de laatste jaren gebruikelijk was als standaard. Het gebruik van deze sonderingen, voor de classificatie a.d.h.v. wrijvingsgetal R_f , in een 3D ondergrondmodel dient derhalve met de nodige voorzichtigheid te worden gehanteerd, aangezien de betrouwbaarheid in het gebied onder $q_c = 0,5$ MPa laag is. Calibratie met boorgegevens zijn in dat geval onontbeerlijk.



Bijlage 9.

Geautomatiseerd rekenen

Notitie betreffende Automatisch Rekenen m.b.v. Sonderingen

Inleiding

Sonderingen lijken zich uitstekend te lenen om automatische berekeningen mee uit te voeren. Sonderingen bestaan tenslotte voornamelijk uit getalsmatige meetwaarden, die zijn uitgezet in een grafiek t.o.v. de diepte in NAP. Bij meting van de conusweerstand q_c en het wrijvingsgetal f_s kan het wrijvingsgetal R_f automatisch worden berekend. Met dit wrijvingsgetal R_f , en bekende / aangenomen relaties tussen R_f en de grondsoort, kunnen daarna automatisch grondsoorten worden bepaald, waar standaard grondparameters voor kunnen worden bepaald / aan kunnen worden toegekend. En met eventuele bekende relaties tussen $q_c / f_s / R_f$ en de benodigde grondparameters, zouden deze grondparameters zelfs automatisch berekend kunnen worden. Met de op deze manier automatisch bepaalde grondopbouw en de grondparameters kunnen dan, per sondering, automatisch bijvoorbeeld zettingsberekeningen worden uitgevoerd.

In het voorgaande hoofdstuk "Geschiktheid wrijvingsgetal R_f voor bepaling van de grondsoort" is echter wel vastgesteld, dat vooral het wrijvingsgetal R_f aan variatie onderhevig is t.g.v. de toegestane meetnauwkeurigheid voor de sonderingen. En vooral bij kleine waarden van de conusweerstand q_c blijkt dat de bepaling van de grondsoort enkel op basis van R_f op zijn minst twijfelachtig is.

In dit hoofdstuk wordt daarom aanvullend getracht om te kwantificeren wat de mogelijke invloed van de "TOEGESTANE" meetnauwkeurigheid van sonderingen kan zijn op het automatisch bepalen van de grondsoorten o.b.v. het wrijvingsgetal R_f en hiermee zettingen te berekenen o.b.v. de grondparameters conform tabel 2b uit de norm.

De resultaten van deze analyse zijn weergegeven in een overzichtstabel aan het einde van dit hoofdstuk (1x in zijn geheel en 1x uitvergroot in 2 delen voor de leesbaarheid). Bij het lezen van de volgende paragraaf wordt aanbevolen om dit in samenhang met deze overzichtstabel te doen.

Methode

Voor de analyse is uitgegaan van de grondsoorten uit tabel 2b, met een vaste conusweerstand q_c en vaste Koppejan samendrukkingsparameters ($C'_p / C'_s / C'$) conform tabel 2b. Er is gekozen voor de Koppejan parameters omdat er een direct lineair verband bestaat tussen de berekende zettingen en deze Koppejan parameters.

Per hoofdgrondsoort is een vaste gangbare relatie aangenomen, tussen het wrijvingsgetal R_f en de grondsoort, welke door de Geotechnisch Adviseur is gekozen / is vastgesteld. Hierbij is per hoofdgrondsoort uit tabel 2b een vaste range (minimum en maximum) en een verwachtingswaarde voor het wrijvingsgetal R_f aangenomen. De verdere onderverdeling van de grondsoorten voor het bijmengsel wordt gemaakt o.b.v. de conusweerstand q_c . Uit de conusweerstand q_c en de aangenomen verwachtingswaarde voor het wrijvingsgetal R_f kan dan de bijbehorende wrijvingsweerstand f_s worden bepaald / berekend.

Uitgangspunt van deze analyse is, dat deze waarden voor de grondsoort / q_c / f_s / R_f / C' de werkelijkheid in de bodem zijn, en uit de meetgegevens van de sondering zouden moeten komen.

Op basis van deze werkelijke waarden voor q_c / f_s / R_f is hierna bepaald, wat de minimale en de maximale waarden hiervoor zijn indien de gemeten waarden in de sonderingen de maximaal toegestane afwijking hebben voor de meest gangbare en meest uitgevoerde klasse 2 sonderingen conform NEN-EN-ISO 22476-1-2012:

- Conusweerstand q_c : + of – 100 kPa = 0,1 MPa ; + of – 5%
- Wrijvingsweerstand f_s : + of – 15 kPa ; + of – 15%
- Wrijvingsgetal R_f : $R_{f,max} = f_{s,max} / q_{c,min}$; $R_{f,min} = f_{s,min} / q_{c,max}$

Dit betekent dus dat de in de tabel bepaalde minimale en maximale waarden voor q_c / f_s / R_f gewoon voldoen aan de gestelde sondeernorm en dus gewoon gemeten kunnen worden bij het uitvoeren van de sonderingen conform de gestelde norm. Dit zijn dus geen waarden waarop een sondering afgekeurd zou kunnen worden omdat deze niet nauwkeurig genoeg zou zijn !!!!!

Aan de hand van het maximale / minimale bepaalde wrijvingsgetal R_f is bepaald wat de hierbij horende grondsoort is en wat de hierbij horende zettingsparameter C' is. En hiermee is bepaald wat de over- of onderschatting is van de met deze C' berekende zettingen t.o.v. de werkelijke C' die het eigenlijk zou moeten zijn.

Dit verschil tussen de berekende zettingen, met de maximaal toegestane afwijkingen van de meetwaarden t.o.v. de werkelijk te verwachten, is tenslotte getoetst aan de vaak gebruikte nauwkeurigheid voor zettingsberekeningen van + of – 30%.

Uit de resultaten blijkt dat eigenlijk alleen voor Grind redelijk goede automatische zettingsberekening m.b.v. de sondeergegevens gemaakt kunnen worden. Voor alle andere grondsoorten (dus zelfs voor schoon zand !!!!!) kunnen zeer grote afwijkingen van meer dan 100 tot 200 % optreden in de automatisch berekende zettingen, die dus zeer ruim boven de gangbare + of – 30% uitkomen.

Bij de zeer slappe / samendrukbare grondsoorten zoals veen en klei organisch worden zelfs negatieve wrijvingsgetallen R_f bepaald, welke volgens de theorie helemaal niet kunnen bestaan en hiervoor kunnen de grondsoorten en daarmee ook de zettingen dus helemaal niet bepaald / berekend worden.

Conclusie

Automatisch de zettingen berekenen m.b.v. sonderingen is eigenlijk niet mogelijk omdat de mogelijke "TOEGESTANE" meetonnauwkeurigheid dusdanig groot zijn, dat er compleet foute waarden berekend kunnen worden. Deze "TOEGESTANE" meetonnauwkeurigheid is gewoon conform de norm toegestaan, dus dit betreffen gewoon "GOED" uitgevoerde sonderingen, die niet afgekeurd hoeven te worden vanwege een te grote meetonnauwkeurigheid of een meetfout o.i.d. !!!!!

Zonder een aanvullende controle van de automatisch uit de sonderingen berekende wrijvingsgetal R_f en de daarmee bepaalde grondsoort, a.d.h.v. bijvoorbeeld ook uitgevoerde boringen, is het dus zeer risicovol om automatische (zetting)berekeningen uit te voeren. De mogelijkheid is namelijk gewoon reëel dat zelfs bij een goed, helemaal conform de norm, uitgevoerde sondering compleet foute berekeningen worden gemaakt, met veel te grote of veel te kleine berekende zettingen.

